

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	16
1.1 Общие сведения	16
1.1.1 Наименование системы	16
1.1.2 Основание для разработки системы	16
1.1.3 Плановые сроки начала и окончания работы	16
1.2 Назначение и цели создания системы	16
1.2.1 Назначение и область применения системы	16
1.2.2 Цели создания системы	17
1.3 Характеристика объектов автоматизации	17
1.4 Требования к системе	17
1.4.1 Требования к структуре и функционированию системы	17
1.4.2 Требования к численности и квалификации персонала системы	18
1.4.3 Требования к надежности и информационной безопасности	18
1.4.4 Требования к условиям эксплуатации	19
1.4.5 Требования к безопасности	19
1.4.6 Требования к составу и параметрам технических средств	20
1.4.7 Требования к информационной и программной совместимости	21
1.5 Состав и содержание работ по созданию системы	21
1.5.1 Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие	22
1.6 Порядок контроля и приемки системы	22
1.6.1 Общие сведения	22
1.6.2 Предварительная эксплуатация	23
1.6.3 Опытная эксплуатация	23
1.6.4 Приемочные испытания	23
1.7 Требования к документации	24
1.8 Источники разработки	24

2 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	25
2.1 Анализ предметной области	25
2.1.1 Принципы системного анализа и системный подход	25
2.1.2 Методы проектирования автоматизированных систем	26
2.2 Аналитический обзор аппаратно-программных средств	29
2.2.1 Программируемые логические контроллеры	29
2.2.2 SCADA системы	30
2.2.3 Средства контроля и измерения	31
2.3 Назначение цеха и технологический процесс участка УОГМ	33
3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	35
3.1 Существующая система управления стеллажей участка УОГМ	35
3.1.1 Приемный рольганг	35
3.1.2 Отдающий рольганг	36
3.1.3 Канатный шлеппер	36
3.2 Проектирование автоматизированной системы управления	37
3.2.1 Структурная схема АСУ	37
3.2.2 Обоснование выбора аппаратно-программных средств создаваемой АСУ	38
3.2.3 Обоснование выбора микроконтроллера	40
3.2.4 Обоснование выбора диспетчерского управления	43
3.2.5 Обоснование выбора типа датчиков	45
3.2.6 Обоснование выбора функциональных модулей программируемого логического контроллера	47
3.2.7 Обоснование выбора рабочей станции	61
3.2.8 Шкафное оборудование	63
3.2.9 Список выбранных комплектующих входящий в программируемый логический контроллер Simatic S7-300	63
3.2.10 Функциональная схема и взаимодействия участников АСУ	65
3.3 Разработка алгоритма управления и человеко-машинного интерфейса	68

3.3.1 Разработка алгоритма управления автоматизации технологического процесса	68
3.3.2 Разработка человеко-машинного интерфейса	75
<b>4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ</b>	
4.1 Организация и планирование работ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1.1 Продолжительность этапов работ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2 Расчет накопления готовности проекта	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.1 Расчёт затрат на материалы	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.2 Расчёт заработной платы	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.3 Расчёт затрат на социальный налог	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.4 Расчет затрат на электроэнергию	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.5 Расчет амортизационных расходов	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.6 Расчёт прочих расходов	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.7 Расчет общей себестоимости разработки	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.8 Расчет прибыли	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.9 Расчет НДС	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3.10 Цена разработки НИР	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.4 Оценка экономической эффективности проекта	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.4.1 Определение срока окупаемости инвестиций	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.4.2 Оценка научно-технического уровня НИР	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ</b>	
5.1 Профессиональная социальная ответственность	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

- 5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.1.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2 Экологическая безопасность **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны **Ошибка! Закладка не определена.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

76

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ **Ошибка! Закладка не определена.**

ПРИЛОЖЕНИЕ А ФЮРА.50210.00001 Схема технологического процесса

ПРИЛОЖЕНИЕ Б ФЮРА.50210.00002 Схема расположения датчиков

12

ПРИЛОЖЕНИЕ В ФЮРА.467451.01 Э1 Структурная схема АСУ  
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ФЮРА.467451.01 Э2 Функциональная схема АСУ  
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ФЮРА.467451.01 Э4 Схема электрических соединений  
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Объем обрабатываемых сигналов  
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Алгоритм управления и автоматизации технологического процесса

## **ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ТЗ – Техническое задание  
АРМ – Автоматизированное рабочее место  
SCADA – Система диспетчерского управления  
ПО – Программное обеспечение  
CPU – Central processor unit (Микропроцессор)  
ПЛК – Программируемый логический контроллер  
КТЭ – Комплектный тиристорный электропривод  
ПЧ – Преобразователь частоты  
НМИ – Human-Machine Interface (Человеко-машинный интерфейс)  
CU – Central unit (Управляющий модуль)  
CP – Communication Processor (Коммуникационный процессор)  
SM – Signal module (Модуль ввода-вывода)  
DI – Дискретный вход  
DO – Дискретный выход  
AI – Аналоговый вход  
AO – Аналоговый выход  
ПК – Персональный компьютер

АСУ – Автоматизированная система управления

ТП – Технологический процесс

ПУ – Пост управления

РБЦ – Рельсобалочный цех

УОГМ – Участок охлаждения горячего металла

ОДП – Участок отделки длинномерного проката

УОРП – Участок отделки рельсового проката

ЭТП – Электропомещение

ПСУ – Помещение станций управления

## ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей любого предприятия, работающего в условиях рынка, является выпуск продукции, оказание услуг в целях получения прибыли. В современных условиях успех предприятия на рынке во многом определяется способностью быстро решать задачу сбора, обработки, анализа информации и на этой основе принимать решения.

Использование современных компьютерных систем учета и поддержки принятия управленческих решений существенно повышает качество и сокращает сроки решения этой задачи на предприятиях.

Под автоматизированной системой управления понимается совокупность материальных и людских ресурсов, средств преобразования, передачи и обработки информации, операторов, обслуживающих эти средства, руководителей, наделенных правами и ответственностью для принятия решений, объединенных с помощью системы связей для достижения общей цели.

Разрабатываемая автоматизированная система предназначена для автоматизации рабочих мест операторов поста управления, автоматизации технологического процесса производства предприятия.

Целью данной работы является автоматизировать существующую систему управления горячих стеллажей путем внедрения автоматизации управления механизмами технологического процесса горячих стеллажей для оптимизации численности технологического персонала, а также улучшения технико-экономических показателей участка рельсобалочного цеха предприятия АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат».



Институт Кибернетики  
Специальность 230101 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети  
Кафедра Вычислительной техники

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на создание автоматизированной системы ГОСТ 34.602-89

Разработал:

студент гр. 3-8302

\_\_\_\_\_ Е. В. Савеленко  
(подпись, дата)

Проверил:

Руководитель

\_\_\_\_\_ Ю. В. Цыганков  
(подпись, дата)

Томск 2016



# **1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

## **1.1 Общие сведения**

### **1.1.1 Наименование системы**

Автоматизированная система управления комплексом горячих стеллажей участка охлаждения горячего металла АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» рельсобалочного цеха. Далее АСУ.

### **1.1.2 Основание для разработки системы**

Основанием для разработки автоматизированной системы управления является задание на выполнение ВКР.

### **1.1.3 Плановые сроки начала и окончания работы**

Срок начала создания системы с 11.02.2016. Срок окончания создания системы до 01.06.2016.

## **1.2 Назначение и цели создания системы**

### **1.2.1 Назначение и область применения системы**

Система предназначена для управления технологическими процессами на ОПО (опасных производственных объектах), где получают, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования.

Автоматизированная система управления предназначена для распределенного контроля и управления технологическим оборудованием горячих стеллажей.

## **1.2.2 Цели создания системы**

Целью создания системы является:

- Обеспечение работы технологического оборудования в автоматическом (или автоматизированном) режиме в соответствии с выбранным критерием управления;
- Сокращение ошибок оперативного персонала;
- Оптимизации численности технологического персонала.

## **1.3 Характеристика объектов автоматизации**

АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» в рельсобалочном цехе имеет автоматизированные объекты. Объектами автоматизации являются механизмы управления производством выпускаемой металлопродукции.

Следовательно, применительно к данному ТЗ, объектами автоматизации будут являться технологическое оборудование, имеющееся на участке УОГМ РБЦ, а именно стеллажи горячего металла и прилежащее электрооборудование.

## **1.4 Требования к системе**

### **1.4.1 Требования к структуре и функционированию системы**

Структура АСУ должна быть реализована как трехуровневая иерархическая система.

**Функций предъявляемые к АСУ:**

1. Должно быть предусмотрено режим работы накопительных стеллажей поста управления №8: Автоматический, Ручной;
2. Должно быть предусмотрено режим работы шлепперов: Режим загрузка автоматика, Режим выгрузка автоматика, Ручной;
3. Должно быть предусмотрено режим работы приемного и отдающего рольганга: Автоматический, Ручной, Сблокированный

(четыре группы ролганга вместе), Раздельный (каждая группа в отдельности);

4. Должно быть предусмотрено отслеживание местоположения профиля по датчикам металла, объем заправляемости накопительных стеллажей (1/4, 1/2, 3/4), отслеживание местоположения движущихся механизмов шлеппера;
5. Должен быть разработан человеко-машинный интерфейс для представления данных о ходе технологического процесса оператору, что позволит оператору контролировать процесс и управлять им;
6. Должно быть предусмотрено взаимодействие существующих интерфейсов узлов систем управления с программируемым логическим контроллером (ПЛК) с учетом минимальных стоимостей затрат;

#### **1.4.2 Требования к численности и квалификации персонала системы**

Пользователями системы являются работники предприятия из технологического персонала, а также лица из инженерно-технического и электротехнического состава обслуживающие автоматизированные системы управления.

К работе с системой допускаются только те лица, которые ознакомились с инструкцией по эксплуатации и инструктивными указаниями.

#### **1.4.3 Требования к надежности и информационной безопасности**

Создаваемая АСУ должна быть многофункциональной, восстанавливаемой, непрерывного действия, должна характеризоваться показателями безотказности и ремонтпригодности по основным выполняемым функциям, в соответствии с ГОСТ 24.701-86.

Надежность АСУ должна быть обеспечена выбором и разработкой технических, программных средств и регламентов их обслуживания. Система должна обеспечивать непрерывное ведение технологического процесса.

Среднее время восстановления системы с использованием ЗИП – не более 1 часа.

Отказы программы вследствие некорректных действий пользователя при взаимодействии с интерфейсом программного продукта недопустимы.

#### **1.4.4 Требования к условиям эксплуатации**

Содержание и объем работ по обслуживанию технических средств системы и ее частей устанавливается согласно документации фирм-производителей, программных средств согласно инструкциям по эксплуатации системы для пользователей и администраторов.

При аварийном снятии напряжения сети аппаратура системы не должна выходить из строя. Необходимо обеспечить безаварийное восстановление режима работы системы при снятии и повторном включении питания.

При эксплуатации системы должны выполняться следующие условия:

- 1) рабочая температура воздуха  $20 \pm 5$  °С;
- 2) относительная влажность воздуха при +25 °С от 50 до 80%;
- 3) воздействие вибрации с частотой до 25 Гц и амплитудой не более 0.1 мм;
- 4) атмосферное давление 630-800 мм рт.ст;
- 5) пылезащищенность и защищенность от электромагнитных помех;
- 6) защищенность от статического электричества.

#### **1.4.5 Требования к безопасности**

Технические средства системы должны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» и правил техники безопасности средств вычислительной техники, используемой в АСУ по ГОСТ 25861-83.

Все комплектующие технических средств системы, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения человека к токоведущим частям, а сами технические средства должны быть заземлены в соответствии с требованием ГОСТ 12.1.030-81 и «Правил устройства электроустановок».

Требования безопасности должны соответствовать следующим документам:

1. ГОСТ 12.1.004-85 «ССБТ. Пожарная безопасность общие требования»;
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
3. Нормы освещенности рабочих мест должны быть обеспечены в соответствии с СНиП 11-4-79.

При возникновении аварийной, или опасной для жизни человека ситуации, оператор, управляющий и следящий за АСУ должен иметь возможность немедленно остановить автоматизацию и рабочие механизмы. То есть система обязана удовлетворять требованиям «Бирочной системы» разработанной для предприятий металлургии.

#### **1.4.6 Требования к составу и параметрам технических средств**

Система должна сохранять работоспособность как минимум, при перепадах питающего напряжения  $+10\%$   $-10\%$ , и при кратковременном его исчезновении. Так как протяженность кабельных линий от поста управления, концевых механических выключателей и т.д. до места монтажа системы может достигать двухсот метров необходимо предусмотреть усилительные модули или использовать децентрализованную периферию, которая была бы малочувствительна к наводным помехам.

### 1.4.7 Требования к информационной и программной совместимости

Технические средства АСУ, используемые при взаимодействии с другими системами, должны быть совместимы по интерфейсам с соответствующими техническими средствами этих систем и используемых систем связи.

Автоматизированное рабочее место должно иметь порт Ethernet для подключения к информационной технологической сети (ИТС) рельсобалочного цеха.

Для перепрограммирования и диагностики необходимо, чтобы система обладала интерфейсом Ethernet для связи с ПК, а также необходимым программным обеспечением для обслуживания ПЛК.

### 1.5 Состав и содержание работ по созданию системы

Предлагается проведение нескольких этапов по созданию системы. Стадии и этапы разработки системы приведены в таблице 1.5.1.

Таблица 1.5.1

Стадии	Этапы работ	Сроки выполнения	
		Начало	Окончание
Формирование требований к АСУ	Обследование объекта	11.02.2016	15.02.2016
Составление Технического задания	Разработка и утверждение ТЗ	15.02.2016	19.02.2016
Аналитический обзор	Обзор аппаратно-программных средств	23.02.2016	28.02.2016
Проектирование системы	4.1 Планирование проектного решения	28.02.2016	04.03.2016
	4.2 Реализация проектного решения	05.03.2016	09.04.2016
	4.3 Разработка программного алгоритма автоматизации	10.04.2016	22.04.2016
	4.4 Тестирование программы	26.04.2016	02.05.2016
Разработка технической документации	Оформление пояснительной записки	03.05.2016	13.05.2016
Ввод в действие	Приемка системы	15.05.2016	01.06.2016

### **1.5.1 Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие**

Устанавливаются следующие этапы ввода системы управления в эксплуатацию:

- наладка технических средств системы;
- наладка функций системы;
- индивидуальные испытания и опробование системы контроля;

В процессе создания системы и ввода ее в действие выполняются следующие виды работ:

- организуется обучение технологического персонала для работы в условиях промышленного функционирования системы;
- организуется наладка всех технических средств нижнего уровня системы контроля;
- проверяются и отрабатываются все задачи системы.

## **1.6 Порядок контроля и приемки системы**

### **1.6.1 Общие сведения**

В соответствии с ГОСТ 34.603-92 при вводе системы управления в промышленную эксплуатацию предусмотрены следующие виды испытаний:

- предварительные;
- опытная эксплуатация;
- приемочные;

За критерий работоспособности системы принимается выполнение возложенных на нее функций и требований настоящего ТЗ, в случае отсутствия нарушений условия функционирования системы.

### **1.6.2 Предварительная эксплуатация**

Согласно ГОСТ 34.603-92 предварительные испытания системы проводятся для определения ее работоспособности и решения вопроса о возможности приемки в опытную эксплуатацию.

Предварительные испытания должны проводиться после проведения отладки и тестирования, поставляемых программных и технических средств системы (подсистемы), а также после ознакомления персонала с эксплуатационной документацией.

### **1.6.3 Опытная эксплуатация**

Согласно ГОСТ 34.603-92 опытная эксплуатация системы проводится с целью определения соответствия создаваемой системы требованиям ТЗ и готовности персонала к работе в условиях функционирования системы.

Продолжительность опытной эксплуатации должна быть достаточной для проверки правильности функционирования системы. Во время опытной эксплуатации системы ведется рабочий журнал, в который заносятся сведения о результатах наблюдения за правильностью ее функционирования, об отказах, сбоях, аварийных ситуациях и т.д. По результатам опытной эксплуатации составляется акт о завершении опытной эксплуатации и допуске системы к приемочным испытаниям.

### **1.6.4 Приемочные испытания**

В соответствии ГОСТ 34.603-92 приемочные испытания системы проводятся для определения соответствия АСУ техническому заданию, оценки качества опытной эксплуатации и решения вопроса о возможности приемки системы в постоянную эксплуатацию.

После приемки системы в постоянную эксплуатацию ответственность за ее функционирование должен нести Заказчик.



## **1.7 Требования к документации**

Эксплуатационная документация на систему должна быть достаточной для ввода ее в действие и эффективной для ее эксплуатации. Она должна содержать сведения, необходимые для быстрого и качественного освоения и правильной эксплуатации, содержать указания по действиям персонала в аварийных ситуациях или при нарушении нормальных условий функционирования, не содержать сведений, допускающих неоднозначное толкование.

АСУ должна быть снабжена следующим видом документации: техническое задание, инструкция по эксплуатации.

## **1.8 Источники разработки**

Документы и информационные материалы, на основании которых разработано настоящее ТЗ:

- ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;
- ГОСТ 24.205-80. Требования к содержанию документов по информационному обеспечению;
- ГОСТ 24.207-80. Требования к содержанию документов по программному обеспечению;
- ГОСТ 24.602-86. Состав и содержание работ по стадиям;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
- ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания;
- ГОСТ 34.603-92 Виды испытаний автоматизированных систем.

## 2 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ предметной области

#### 2.1.1 Принципы системного анализа и системный подход

Основы построения АСУ базируются на следующих основных принципах системного анализа:

1. Принцип деление целого на части.

Любую сложную систему проще проектировать по частям. То, что невозможно сделать сразу для всей системы, можно сделать для отдельных ее частей.

2. Принцип иерархии.

Обеспечивает реализацию стратегии целенаправленного поведения системы во времени и пространстве. Верхние уровни реализуют стратегию поведения системы на перспективу. Нижние уровни реализуют и определяют текущее поведение системы.

3. Принцип необходимого и достаточного разнообразия.

Разнообразие управления проявляется в использовании различных методов управления и вариантов организационных структур.

4. Принцип обратной связи.

Сущность этого принципа состоит в постоянном получении сведений о результатах управляющих воздействий. На основе этой информации управляющая система прогнозирует состояние объекта управления, сравнивает его с заданным и в случае отклонений переводит объект в требуемый режим. Этим обеспечивается синхронность между выдаваемыми плановыми заданиями и полученной информацией об их выполнении, учет возникающих отклонений от плана [1].

Применительно к сложным АСУ выделяют три уровня:

Уровень 1. Информационное описание. Соответствует взгляду на систему в целом и на ее взаимодействие с внешней средой. При этом

разработчиков интересуют все информационные связи системы с внешней средой, роль системы как преобразователя информации.

Уровень 2. Функциональное описание. Выявляет способ реализации закона управления, определяет функциональные элементы АСУ и отношения между ними. В результате определяется функциональная структура системы, в которой каждая функциональная подсистема выполняет определенную часть общего алгоритма управления.

Уровень 3. Системотехническое описание. Выявляет структуру комплекса технических средств АСУ, под которой понимаются: состав, связи групп оборудования; номенклатура, число и размещение технических средств каждой группы. Технические подсистемы предназначены для реализации отдельных самостоятельных функций в составе общего процесса преобразования информации [5].

В соответствии с этими уровнями описания возникают следующие задачи, решаемые на этапе проектирования АСУ:

- определение взаимоотношений системы управления с внешней средой и объектом управления, формирование закона управления;
- алгоритмизация закона управления, разработка функциональной структуры;
- выбор технических средств для реализации информационных процессов, разработка структуры комплекса технических средств.

### **2.1.2 Методы проектирования автоматизированных систем**

Основные методы проектирования АСУ разделяются на исследование операций и структурный анализ.

Исследование операций определяет научный подход к решению задач организационного управления в сложных автоматизированных системах управления. При решении любой задачи применение методов исследования операций предполагает:

- построение математических моделей для задач принятия решений, управления в сложных ситуациях или в условиях неопределенности;
- изучение взаимосвязей между элементами, определяющих возможные последствия принимаемых решений;
- установление критериев эффективности, позволяющих оценивать различные варианты действий.

Анализ построенных математических моделей и экспериментальных исследований позволяет обосновать оптимальную структуру системы, а также определить оптимальные значения параметров и убедиться в том, что выбранный вариант системы соответствует поставленным целям.

Одной из важнейших характеристик любой системы является ее структура. Под структурой системы понимается совокупность элементов и связей между ними [1].

Одной из главных задач структурного анализа является построение формальной модели, отображающей существующую систему связей элементов между собой и с внешней средой, то есть структурной модели системы.

Принципы создания автоматизированных систем подразделяют на три группы:

#### 1. Принципы системного характера:

##### а) Системный подход:

- определение объекта управления и системы управления как единой системы и построение её модели;
- рассмотрение всех элементов системы во взаимосвязи;
- определение цели, критериев функционирования системы и каждого элемента.

##### б) Системная адаптация. Любая система, чтобы быть жизнеспособной, должна иметь механизм, позволяющий учитывать изменяющиеся внешние и внутренние условия. В процессе приспособления могут

меняться структура системы, ее параметры, поэтому необходимо предусмотреть возможность приспособления АСУ к новым условиям с целью избежания дополнительных затрат.

- с) Непрерывное развитие системы. Любая АСУ должна в дальнейшем совершенствоваться и развиваться в соответствии с научно-техническим прогрессом, новыми методами управления и технологиями обработки информации.
- д) Совместимость. Соблюдение принципа совместимости АСУ разных классов и уровней управления требует методологического, информационного, технического, программного, лингвистического единства систем и их элементов.
- е) Принцип единой информационной базы. Организация единой информационной базы, хранящейся в памяти ЭВМ, позволяет исключить неоправданное дублирование информации.

## 2. Организационные принципы построения АСУ:

- а) Принцип первого руководителя. Разработка и внедрение АСУ должны проводиться под руководством первого руководителя соответствующего объекта.
- б) Участие заказчика при создании АСУ. Заказчик определяет приоритеты и очередность ввода задач управления системой.
- с) Поэтапная разработка и внедрение АСУ. Это определяется сложностью систем, предназначенных для решения большого количества задач и состоящих из многих подсистем.
- д) Подготовка персонала. В процессе разработки АСУ должно осуществляться обучение работников управления новым методам решения задач.

## 3. Принципы экономического характера:

- а) Принцип оптимальности. Базой оптимизации принимаемых управленческих решений является использование экономико-математических методов.

- b) Рациональный уровень автоматизации управления. Не всегда нужно стремиться к максимальному уровню автоматизации, необходимо учитывать затраты на проектирование.
- c) Обоснование экономической эффективности АСУ [5].

## **2.2 Аналитический обзор аппаратно-программных средств**

Узлами создаваемой АСУ будут являться: программируемый логический контроллер, технологические датчики, АРМ оператора, привода управления механизмов.

Произведем краткий аналитический обзор аппаратно-программных средств.

### **2.2.1 Программируемые логические контроллеры**

ПЛК – программируемый логический контроллер, представляет собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов и предназначенный для работы в режимах реального времени [8].

Принцип работы ПЛК заключается в сборе и обработке данных по программе пользователя с выдачей управляющих сигналов на исполнительные устройства.

Конструктивно ПЛК подразделяются на моноблочные, модульные и распределенные. Моноблочные имеют фиксированный набор каналов ввода-вывода. В модульных контроллерах модули ввода-вывода устанавливаются в разном составе и количестве в зависимости от предстоящей задачи. В распределенных системах модули ввода-вывода, а также отдельные модули, образуют единую систему управления, могут быть разнесены на значительные расстояния [8].

### 2.2.2 SCADA системы

Приступая к разработке диспетчерского управления с нуля с помощью традиционных средств программирования, например, C++, Delphi, C# процесс разработки может стать длительным и трудоемким, а затраты неоправданно высоки. Вариант такого программирования может быть привлекателен для простых систем. Обратим свое внимание на готовые пакеты программного обеспечения для разработки человеко-машинного интерфейса, ими являются SCADA системы.

Одной из основных функций SCADA является разработка человеко-машинного интерфейса, то есть SCADA одновременно является и человеко-машинным интерфейсом, и инструментом для его создания [17].

SCADA как система диспетчерского управления может выполнять следующие задачи:

- взаимодействие с оператором (выдача визуальной и слуховой информации, передача в систему команд оператора);
- помощь оператору в принятии решений (функции экспертной системы);
- автоматическая сигнализация об авариях и критических ситуациях;
- выдача информационных сообщений на пульт оператора;
- ведение журнала событий в системе;
- подготовка отчетов (например, распечатка таблицы температур, графиков смены операторов, перечня действий оператора);
- учет наработки технологического оборудования.

Основная часть задач автоматического управления выполняется, как правило, с помощью ПЛК, однако часть задач может возлагаться на SCADA [17].

На мировом рынке представлено большое количество SCADA систем, системы различаются по:

- по требуемой операционной системе, наиболее распространена Windows (Linux, MacOS встречаются реже);
- по цене, по соотношению цена-качество, в общем случае на рынке представлены как полностью бесплатные SCADA, недорогие SCADA с ценой за лицензию на 128 тегов, так и ценой за лицензию на 262144 тегов;
- на условно-бесплатные SCADA, с ограничением по времени работы без перезапуска или по ограниченному количеству тегов;
- по наличию прочих функций (поддержка резервирования, генераторы отчетов, удаленный доступ, веб-интерфейс).

Наиболее популярные SCADA системы приведены ниже:

- InTouch (Wonderware) - США;
- Citect (CI Technology) - Австралия;
- WinCC (Siemens) - Германия;
- Factory Link (United States Data Co) - США;
- RealFlex (BJ Software Systems) - США;
- TraceMode (AdAstrA) - Россия;
- САРГОН (НВТ - Автоматика) - Россия.

При таком многообразии продуктов на российском рынке возникает вопрос о выборе.

## **2.2.3 Средства контроля и измерения**

### **2.2.3.1 Датчики**

Датчик – это элемент измерительного устройства, преобразующий величину в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки [19].

В зависимости от вида входной величины различают датчики механических перемещений (линейных и угловых), пневматические, электрические, датчики скорости, ускорения, усилия, температуры, давления и



другие. По виду выходной величины, в которую преобразуется входная величина, делятся на неэлектрические и электрические.

Большинство датчиков являются электрическими. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений:

- электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью;
- электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот;
- электрические величины точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений;

По принципу действия датчики также можно разделить на омические, фотоэлектрические (оптико-электронные), индуктивные, емкостные и другие [19].

Различают три класса датчиков:

- аналоговые датчики;
- цифровые датчики;
- бинарные (двоичные) датчики;

### **2.2.3.2 Энкодеры**

Энкодер или преобразователь угловых перемещений - устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота.

Энкодеры подразделяются на инкрементальные и абсолютные. По типу исполнения энкодеры могут быть как оптические, резисторные, магнитные и могут работать через шинные интерфейсы или промышленную сеть [18].

Инкрементальные энкодеры предназначены для определения угла поворота вращающихся объектов. Они генерируют последовательный импульсный цифровой код, содержащий информацию относительно угла

поворота объекта. Если вал останавливается, то останавливается и передача импульсов. Основным рабочим параметром датчика является количество импульсов за один оборот. Мгновенную величину угла поворота объекта определяют посредством подсчёта импульсов от старта.

Абсолютные энкодеры имеют своей основной рабочей характеристикой число шагов, то есть уникальных кодов на оборот и количество таких оборотов, при этом не требуется первичной установки и инициализации датчика. Поэтому абсолютные энкодеры не теряют свою позицию при исчезновении напряжения [18].

### **2.3 Назначение цеха и технологический процесс участка УОГМ**

Рельсобалочный цех специализируется на выпуске продукции транспортного назначения – рельсы, профили для вагоностроения и других отраслей. В 2012 году произошла реконструкция цеха целью которого стало освоение выпуска новых востребованных на рынке 100 метровых рельс.

Участок охлаждения горячего металла (УОГМ) расположен после участка дифференцированной закалки рельс (ДЗР) и предназначен для охлаждения проката.

Состав технологического оборудования участка УОГМ:

- Загрузочное устройство (устройство «Холодильник»);
- Шагающее устройство (устройство «Холодильник»);
- Разгрузочное устройство (устройство «Холодильник»);
- Вентиляторы № 1... № 63 (устройство «Холодильник»);
- Рольганги №1... №30,
- Рольганг входной №1, 2, 3;
- Рольганг выходной №1;
- Пила отбора проб;
- Горячие стеллажи охлаждения № 1... № 4;

- Шлеппера №1... №8;

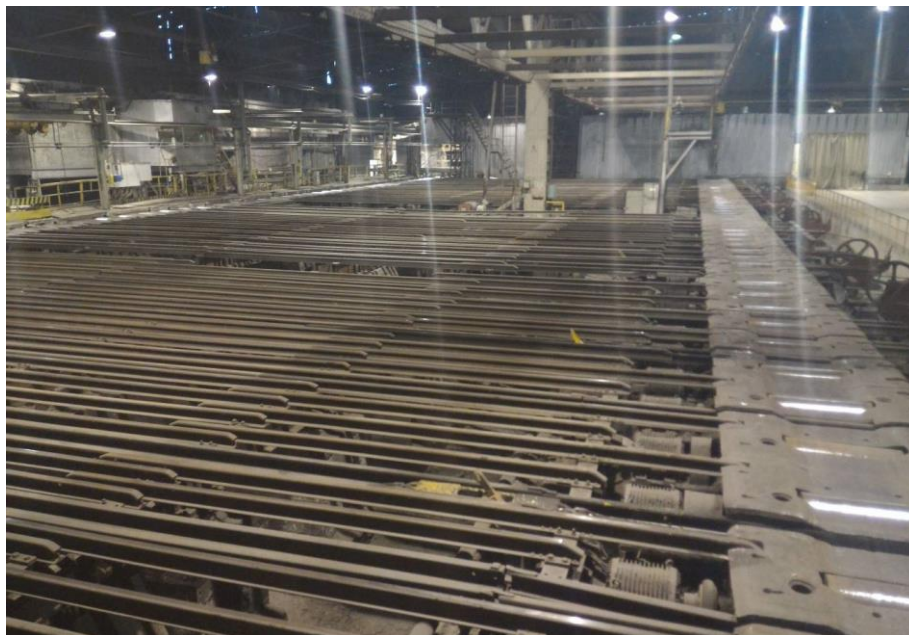


Рисунок 2.3 - Горячие стеллажи №1, 2 участка УОГМ

### **Технологический процесс участка**

Прокат транспортируется по трем входным рольгангам с участка прокатного стана на устройство «Холодильник», где происходит охлаждение металла с 850 до 70 градусов по Цельсии. Разгрузочным устройством разгружается на входной рольганг 100 отделения или приемный рольганг третьего пролета участка УОГМ. Далее транспортируется на приемный рольганг первого пролета участка УОГМ.

Прокат (рельсы) транспортируется на приёмный рольганг № 1, 2, 3, 4 первого пролета с устройства «холодильник» или транспортируется с участка ОДП на отдающий рольганг №1, 2, 3, 4, 5 первого пролета по одной штуки. Далее прокат забирается на стеллажи шлепперами №1, 2, 3, 4, заполнение происходит плотно. После охлаждения, прокат разгружается шлепперами на отдающий рольганг и транспортируются на участок УОРП или транспортируются на участок ОДП. Управление процессом происходит в ручном режиме оператором ПУ№8 (управляет шлепперами №1, 2, 3, 4 и отдающим рольгангом №1, 2, 3, 4, 5) и ПУ №6 (управляет приемным рольгангом № 1, 2, 3, 4).

Технологический процесс участка УОГМ представлен в приложении А.

## 3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 3.1 Существующая система управления стеллажей участка УОГМ

В 2000 году были заменены релейно-контакторные схемы управления шлепперов стеллажей горячего металла на электропривод КТЭ 500/220м-12Т-05-КОМО под управлением ПЛК фирмы Rockwell Automation. Цель модернизации заключалась в замене физически и морально устаревшей системы управления, снижение потерь производства. Исполнителем модернизации являлся ОАО «Уралмаш».

В ходе реконструкции цеха в 2012 году были заменены релейно-контакторные схемы управления приемного и отдающего рольганга на современный привод. Цель модернизации заключалась в замене физически и морально устаревшей системы управления, снижение потерь производства. Исполнителем являлся ЗАО «Тяжпросервис».

#### 3.1.1 Приемный рольганг

Приемный рольганг состоит из четырех групп и управляется ПЧ Siemens Sinamics S120 T-A42267090118 номер заказа 6SL3352-1AE32-6AA1, через релейную схему по дискретным сигналам с ПУ №6. Привода размещены в ЭТП №1. Рольганги управляются трех фазными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами типа AP 64-16; P=5 кВт; U=~380 В.



Рисунок 3.1.1 - Привода приемного рольганга Sinamics S120

### 3.1.2 Отдающий рольганг

Отдающий рольганг состоит из пяти групп, управляется ПЧ АВВ ACS800-07-0260-3-D150 по дискретным сигналам с ПУ №8, через релейную схему управления. Привода размещены в ПСУ-84. Рольганги управляются трех фазными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами типа АР 74-16;  $P=5,7$  кВт;  $U \sim 380$  В.



Рисунок 3.1.2 - Привода АВВ ACS800 отдающего рольганга

### 3.1.3 Канатный шлеппер

На каждом стеллаже имеется по два шлеппера которые соединены совместно механической муфтой, управляются тиристорными приводами КТЭ 500/220м-12т-05-К0М0 по дискретным сигналам с поста управления №8 через релейную схему с заданием фиксированных скоростей по аналоговому сигналу от ПЛК фирмы Allen-Bredley PLC- 5, то есть разгон и торможение происходит по рампе. Механизм шлеппера приводится в движение электродвигателем типа ДП-72 постоянного тока последовательного возбуждения. Номинальная мощность двигателя 75 кВт, номинальная скорость вращения 470 об. /мин. Привода размещены в ПСУ-84.

Аналоговые выходные сигналы контроллера подключены к ячейкам гальванической развязки РГ-8 системы автоматического регулирования (САР) привода КТЭ. Ячейка предназначена для потенциального разделения входных и выходных цепей.

Параметры ячейки РГ-8:

- Входное напряжение от 0 до +/- 10В;
- Входное сопротивление 1 кОм;
- Коэффициент передачи от 0,95 до 1,05;



Рисунок 3.1.3 - Привода КТЭ 500/220м шлепперов

## 3.2 Проектирование автоматизированной системы управления

### 3.2.1 Структурная схема АСУ

Для создания автоматизированной системы управления нам необходимо согласно ТЗ разработать архитектуру модели АСУ, а также произвести обзор и выбор аппаратно-программных средств.

Архитектура модели АСУ согласно ТЗ представлена на рисунке 3.2.1.



Рисунок 3.2.1 - Архитектура модели АСУ

Структурная схема автоматизированной системы управления представлена в приложении В.

**Верхний уровень** – это уровень человеко-машинного интерфейса – автоматизированные рабочие места (АРМ), на которых производится контроль и управление технологическим процессом. В АСУ горячих стеллажей предусмотрено одно рабочее место АРМ Оператора ПУ №8.

**Средний уровень** – уровень контроллеров, подсистем распределенного ввода-вывода, промышленных сетей и силовых приводов. Средний уровень реализован на базе программируемого логического контроллера.

ПЛК должен обеспечить:

- ввод сигналов с детекторов наличия рельса участка УОГМ;
- ввод сигналов состояния работы технологического оборудования из существующих релейных схем управления механизмами участка УОГМ;
- ввод-вывод сигналов с пульта управления механизмами горячих стеллажей участка УОГМ;
- управление силовыми приводами механизмов;

**Нижний уровень** – уровень датчиков и исполнительных механизмов. Для измерения положения шлепперов и отслеживания выпускаемой продукции необходимо применять технологические датчики.

### **3.2.2 Обоснование выбора аппаратно-программных средств создаваемой АСУ**

Объект управления – стеллажи горячего металла, предполагает использование SCADA системы диспетчерского контроля и управления технологическими объектами.

Функцию взаимодействия диспетчерского управления технологическим оборудованием несет микропроцессорный контролер, который является основой любой системы диспетчерского контроля и управления.

Данные с датчиков поступают в контроллер, где обрабатываются и по результатам обработки вырабатывается управляющее воздействие на механизмы управления технологических объектов.

Микропроцессорный контроллер, используемый в системе, должен обеспечивать выполнение следующих функций:

- ввод/вывод, масштабирование, фильтрацию от помех (защита от дребезга контактов);
- обмен данными с рабочей станцией;
- автоматическое управление и регулирование;
- исполнение дистанционных команд с рабочей станцией;
- функции согласно ТЗ;

Согласно параметрам ячейки РГ-8 системы автоматического регулирования КТЭ шлепера, необходимо чтобы аналоговые выходы ПЛК обеспечивали потенциальный вывод от 0В до +/- 10В с разрешающей способностью ЦАП не менее 10 бит (то есть с шагом дискретизации 20 мВ).

Необходимо чтобы дискретные входные сигналы ПЛК обеспечивали гальваническое разделение внутренних цепей от внешних цепей и ввод сигналов =24В, для устранения электромагнитных наводок и искажения сигналов от неравенства потенциальных точек заземления источника и приемника.

Дискретные выходные сигналы должны обеспечивать вывод сигналов =24В и током не менее 50 мА на канал, для управления релейной схемой развязки сигналов с установленными реле типа FINDER 40.51.9.024.0000 24VDC 6A/250В (потребляемая мощность катушки 650 мВт) и светосигнальной арматурой СКЛ-12 (ток потребления 20 мА).

В настоящее время на рынке аппаратных средств автоматизации имеется большой выбор контроллеров, как отечественного, так и зарубежного производства. Импортные контроллеры, таких семейств как: ControlLogix (Rockwell Automation), OMRON CJ2 (Omron), Simatic S7 (Siemens), Siplus (Siemens) имеют несравненно более высокую цену, что связано с более высокой



себестоимостью, но при этом они превосходят контроллеры российского производства по ряду таких показателей, как:

- надёжность;
- быстродействие;
- удобство программирования;

Исходя из этого, будем рассматривать преимущественно зарубежные контроллеры.

### 3.2.3 Обоснование выбора микроконтроллера

Из зарубежных и отечественных микроконтроллеров наиболее соответствующими требованиям являются:

- контроллеры семейства ControlLogix компании Allen-Bradley Rockwell Automation;
- контроллеры семейства ОВЕН ПЛК компании ОВЕН;
- контроллеры семейства Simatic S7 компании Siemens;
- контроллеры семейства CJ2 компании OMRON;

Сравнительные характеристики контроллеров приведены в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.3 Сравнительные характеристики контроллеров

Параметр	Controllogix	CJ2	ОВЕН ПЛК160	Simatic S7-300	Simatic S7-400
ОЗУ	750 Кб÷8 МБ	5 Кб÷60 Кб	8 МБ	32 Кб÷2 Мб	144 Кб÷15 Мб
Загрузочная память (Flash)	До 32 МБ	До 32 МБ	4 МБ	До 8 МБ	До 64 МБ
Время выполнения лог.операции	262 мкс	40 нс	256 мкс÷1 мс	0,05÷0,1 мкс	18÷75 нс
Кол. каналов ввода-вывода сигналов D/A	128000/4000 (опц.)	2560/ 2560 (опц.)	16/8	65636/4096 (опц.)	131072/8192 (опц.)
Горячее резерв. контроллера/ линии связи	+/+	+/+	-/-	+/+	+/+

Продолжение таблицы 3.2.3

Коммуникация	Ethernet ControlNet DeviceNet	RS-485 Ethernet RS-232 RS-422 USB	RS-485 Ethernet RS-232 USB	MPI Profibus-DP Profinet Ethernet	MPI Profibus-DP Profinet Ethernet
Электромагнит. совместимость	IEC 61000	EN 61000-6-2	Критерий А	IEC 61000	IEC 61000
Степень защиты корпуса	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
ЦАП аналоговых каналов	13/14/16 бит	12/13/16/18 бит	10/12 бит	11/12 бит	13/14/16 бит
АЦП аналоговых каналов	16 бит	12/13/16/18 бит	16 бит	9/12/14/16 бит	13/14/16 бит
Модульное исполнение	Да	Да	Нет	Да	Да
Минимальная Цена, руб.	132 254 руб. (по курсу 89 р. евро)	176 754 руб. (по курсу 89 р. евро)	28 792 р.	133 767 руб. (по курсу 89 р. евро)	210 752 руб. (по курсу 89 р. евро)

В 2003 году ОАО «НКМК» «ЕвразХолдинг» подали заявку для выбора исполнителя работ по автоматизации производства предприятия [11]. На тот момент в Новокузнецке были две фирмы «Элсис» и «Синетик» которые оказывали услуги по автоматизации производства промышленных предприятий.

Компания «Элсис» является официальным дистрибьютором компании «Allen-Bradley (Rockwell Automation)» [10], а компания «Синетик» официальным дистрибьютором компании «Siemens» [9].

На конкурсе тендер выиграла компания «Синетик». Она справлялась с поставленными задачами по автоматизации и модернизации предприятия. Политика ОАО «НКМК» «ЕвразХолдинг» стала нацелена на использование оборудования преимущественно фирмы «Siemens». Персонал предприятия был обучен обслуживанию с контролерами и приводами фирмы «Siemens».

На основании приведенной в таблице 3.2.1 сравнительных характеристик контроллеров и политики АО «Евраз Объединенный ЗСМК», выбираем SIMATIC S7-300, так как он подходит по всем характеристикам, а

также АО «Евраз Объединенный ЗСМК» в составе предприятия имеет своих сертифицированных специалистов по обслуживанию приводов и контроллеров фирмы «Siemens».



Рисунок 3.2.3 - ПЛК SIMATIC S7-300

SIMATIC S7-300 - это модульный программируемый контроллер универсального назначения. Широкий выбор функциональных модулей позволяют выполнять максимальную адаптацию оборудования к требованиям решаемой задачи. При модернизации и развитии производства контроллер может быть легко дополнен необходимым набором модулей [16].

Контроллер Siemens S7-300 имеет модульную конструкцию и позволяет использовать в своем составе широкий спектр модулей самого разнообразного назначения:

- модули центральных процессоров (CPU), для решения задач различного уровня сложности;
- сигнальные модули (SM), используемые для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов;
- коммуникационные процессоры (CP) для подключения к промышленным сетям и организации PtP соединений;
- функциональные модули (FM) для решения задач скоростного счета, позиционирования и автоматического регулирования;
- модули блоков питания (PS);
- интерфейсные модули (IM) для обеспечения связи между базовым блоком и распределенными станциями ввода-вывода.

Система ввода-вывода программируемого логического контроллера S7-300 может включать в свой состав до 32 сигнальных, функциональных и

коммуникационных модулей. Питание модулей стойки расширения осуществляется от собственного блока питания [16].

SIMATIC S7-300 может быть сконфигурирован по сети PROFIBUS-DP в качестве ведущего или ведомого сетевого устройства через встроенный интерфейс центрального процессора или через коммуникационные процессоры CP 342. Такой вариант подключения позволяет создавать системы распределенного ввода-вывода [8].

Функции обслуживания человеко-машинного интерфейса встроены в операционную систему контроллера S7-300.

SIMATIC S7-300 отвечает требованиям целого ряда международных и национальных стандартов и норм:

- DIN;
- Сертификат UL;
- Сертификат CSA;
- FM, класс 1, группы A, B, C и D (температурная группа T4, до 135°C);
- Сертификат соответствия Госстандарта России № РОСС DE.АЯ46.В22357 от 22.08.2005 г. подтверждает соответствие программируемых контроллеров SIMATIC и их компонентов требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99.
- Метрологический сертификат Госстандарта России DE.C.34.004.A № 11994;

### **3.2.4 Обоснование выбора диспетчерского управления**

Выбранный нами ПЛК в своем составе программного обеспечения имеет среду для создания человеко-машинного интерфейса SCADA система WinCC, к тому же у предприятия имеется плавающая лицензия на данное ПО, соответственно выбираем эту среду для разработки HMI интерфейса.

Плавающая лицензия — это стандартная лицензия без временных ограничений, которая может быть передана и использована на любом компьютере. Лицензия считывается с сервера лицензий в сети через программу Automation License Manager.



Рисунок 3.2.4 – Система WinCC

WinCC представляет собой мощную систему HMI, работающую под управлением ОС Microsoft Windows. Система WinCC обеспечивает управление и наблюдение за процессами, происходящими на установке. Связь между WinCC и установкой обеспечивается с помощью системы автоматизации [16].

Система WinCC применяется для визуализации процесса и конфигурирования графического интерфейса пользователя. Система WinCC предоставляет следующие возможности:

- Система WinCC позволяет осуществлять наблюдение за процессом. Графическое представление процесса отображается на экране.
- Система WinCC позволяет осуществлять управление процессом. К примеру, можно задать уставку с помощью интерфейса пользователя или открыть подвижной механизм.
- Система WinCC позволяет осуществлять мониторинг процесса. В случае критического состояния процесса автоматически подается аварийный сигнал. Если, например, превышено предустановленное заданное значение, то на экране отобразится сообщение.

- Система WinCC позволяет осуществлять архивирование данных процесса. Во время работы WinCC значения процесса можно распечатать или поместить их в электронный архив. Это упрощает документирование процесса и обеспечивает последующий доступ производственным данным.

Проводник WinCC является ядром программного обеспечения для конфигурирования. В проводнике WinCC отображается структура всего проекта, а также осуществляется администрирование проекта.

### **3.2.5 Обоснование выбора типа датчиков**

Датчики в целях экономии затрат выберем из Российских фирм. Лидирующее положение в России и странах СНГ по техническому уровню разработок, объему производства и сбыта бесконтактных выключателей является фирма «Сенсор». Фирма славится высоким качеством продукции и предоставляемого сервиса, соответствует отечественным стандартам и международным нормам. Имеется широкая номенклатура серийной продукции, более 1200 типоразмеров изделий [13].

Выбор типа датчиков для слежения за металлопрокатом сделаем в пользу дискретных индуктивных бесконтактных датчиков с увеличенным расстоянием срабатывания из-за конструктивных особенностей технологического оборудования.

Для отслеживания металлопроката и автоматизации технологического процесса нам необходимо 20 датчиков со схемой подключения PNP (NO) и 2 реперных датчика для шлепперов со схемой подключения PNP (NC), так как датчик служит для калибровки положения шлеппера, необходимо чтобы датчики отработывали на разрыв сигнала.

Для этих целей подойдут датчики типа ВБИ - Ф270 - 110У -2111 -3А с расстоянием срабатывания 150 мм, ном. ток 200 мА и ВБИ-М47-70С-1113-3 с расстоянием срабатывания 20 мм, ном. ток 200 мА согласно каталогу выпускаемой продукции.



Рисунок 3.2.5.1 – Датчик типа ВБИ - Ф270 - 110У -2111 -3А



Рисунок 3.2.5.2 – Датчик типа ВБИ-М47-70С-1113-3

Энкодеры для определения позиции шлепперов выберем многооборотные абсолютные с разрешением (количеством информации) 12 бит (4096) за один оборот и 13 бит (8192) информации за количество оборотов, питающийся от сети постоянного напряжения  $=24В$ . Тип выходной информации двоичный код или код Грея.

Для наших целей подойдут энкодеры любых фирм производителей, подходящих к нашим параметрам. Сделаем выбор в пользу фирмы KUBLER датчик семейства SENDIX серии Т8.5888, так как он вполне подходит по нашим параметрам согласно каталогу продукции.



Рисунок 3.2.5.3 – Энкодер KUBLER Т8.5888

Компания Kubler является одним из ведущих европейских производителей оборудования для измерения, преобразования и передачи данных, которое задействовано в системах контроля и позиционирования механизмов с вращательным и линейным движением.

Характеристики энкодера KUBLER Т8.5888:

- Разрешение на оборот: Значение по умолчанию: 1...65536 (16 бит), (масштабируется: 1...65536) 8192 (13 бит);
- Общее разрешение: 28 бит (масштабируется 1...228 шагов);
- Число оборотов: 4096 (12 бит), (масштабируется: 1...4096);
- Код: Двоичный;
- Интерфейс: Спецификация в соответствии с Profibus-DP 2,0 стандартом (DIN 19245 часть 3);
- Драйвер RS 485 с гальванической развязкой.

Разработанная схема расположения датчиков представлена в приложении Б.

### **3.2.6 Обоснование выбора функциональных модулей программируемого логического контроллера**

Функциональные модули предназначены для решения типовых задач автоматического управления, к которым можно отнести задачи скоростного счета, позиционирования, автоматического регулирования, скоростной обработки логических сигналов и т.д. Функциональные модули могут использоваться в составе программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/ S7-300C/ S7-300F. Целый ряд функциональных модулей допускается использовать в станциях систем распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M и SIMATIC ET 200S.

#### **3.2.6.1 Выбор ЦПУ**

В серии контроллеров Simatic S7-300 имеются 20 типов центральных процессоров:

- 6 типов центральных процессоров S7-300C (Compact) с интегрированными в операционную систему технологическими функциями и набором встроенных входов и выходов: CPU 312C/ CPU 313C/ CPU 313C-2 DP/ CPU 313C-2 PtP/ CPU 314C-2 DP/ CPU 314C-2 PtP;



- модели центральных процессоров стандартного исполнения: CPU 312/ CPU 314/ CPU 315-2 DP/ CPU 317-2 DP/ CPU 315-2 PN/DP/ CPU 317-2 PN/DP и CPU 319-3 PN/DP с встроенным интерфейсом Industrial Ethernet/ PROFINET;
- центральные процессоры CPU 315T-2 DP и CPU 317T-2 DP с встроенными в операционную систему функциями позиционирования и управления перемещением, набором встроенных входов и выходов, встроенным интерфейсом PROFIBUS DP/ DRIVE;
- центральных процессоров с встроенными в операционную систему функциями противоаварийной защиты и автоматики безопасности: CPU 315F-2 DP, CPU 315F-2 PN/DP, CPU 317F-2 DP, CPU 317F-2 PN/DP и CPU 319F-3 PN/DP.

Рассмотрим центральные процессоры стандартного исполнения:

- CPU 312: центральный процессор для построения для построения небольших систем управления, включающих в состав системы локального ввода-вывода до 8 модулей S7-300.
- CPU 314: центральный процессор для построения систем управления, в которых требуется скоростная обработка информации и поддержка систем локального ввода-вывода, включающих в свой состав до 32 модулей S7-300.
- CPU 315-2 DP: центральный процессор с встроенным интерфейсом ведущего/ ведомого устройства PROFIBUS DP для построения высокопроизводительных систем автоматизации с развитой системой локального и распределенного ввода-вывода.
- CPU 315-2 PN/DP: центральный процессор с встроенным интерфейсом Industrial Ethernet и PROFIBUS DP, обеспечивающий поддержку коммуникационного стандарта PROFINET и предназначенный для использования в системах Component Based

Automation, а также системах распределенного ввода-вывода на основе PROFINET.

- CPU 317-2 DP: центральный процессор с встроенными интерфейсами MPI/ PROFIBUS DP и PROFIBUS DP, большим объемом памяти программ и данных, высокой производительностью. Предназначен для построения высокопроизводительных систем автоматизации с развитой системой локального и распределенного ввода-вывода.
- CPU 317-2 PN/DP: центральный процессор с встроенным интерфейсом Industrial Ethernet и PROFIBUS DP, обеспечивающий поддержку коммуникационного стандарта PROFINET и предназначенный для использования в системах Component Based Automation, а также системах распределенного ввода-вывода на основе PROFINET.
- CPU 319-3 PN/DP: мощный центральный процессор с высоким быстродействием, большим объемом памяти программ и данных. Оснащен встроенными интерфейсами MPI/DP, PROFIBUS DP и PROFINET. Способен обслуживать развитые системы локального и распределенного ввода-вывода на основе сетей PROFIBUS DP и PROFINET IO, а также работать в системах PROFINET CBA.

Наиболее оптимальным вариантом является процессор CPU 314 с встроенным интерфейсом MPI.



Рисунок 3.2.6.1 – центральный процессор CPU 314

CPU 314 характеризуется следующими показателями:

- Микропроцессор: 100-200нс на выполнение бинарной инструкции.
- Рабочая память объемом 96 Кбайт, RAM (приблизительно 32 К инструкций); для выполнения загруженной секции программы и хранения оперативных данных. Микрокарта памяти (до 8 Мбайт), используемая в качестве загружаемой памяти, а также сохранения архива проекта (с комментариями и таблицей символов), архивирования данных и алгоритмами управления.
- Гибкие возможности расширения; подключение до 32 модулей S7-300 (4-рядная конфигурация).
- Интерфейс MPI; позволяет устанавливать одновременно до 12 соединений с программируемыми контроллерами S7-300/400, программаторами, компьютерами и панелями операторов.

### **3.2.6.2 Выбор коммуникационных модулей**

Коммуникационные модули включают в свой состав:

- Коммуникационные процессоры для организации связи через PtP интерфейс.
- Коммуникационные процессоры для обслуживания систем распределенного ввода-вывода на основе AS-Interface.
- Коммуникационные процессоры для обслуживания систем распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP и PROFINET IO.
- Коммуникационные процессоры для организации связи через PROFIBUS FMS.
- Коммуникационные процессоры для организации связи через Industrial Ethernet.

Коммуникационный процессор CP 340 позволяет создавать экономичные решения для организации обмена данными по последовательным каналам связи.

Коммуникационный процессор CP 341 обеспечивает скоростной обмен данными через PtP интерфейс, разгружая центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач.

Коммуникационный процессор CP 343-2 выполняет функции ведущего устройства AS-Interface и может работать в программируемых контроллерах SIMATIC S7-300 и станциях распределенного ввода-вывода ET 200M.

Коммуникационный процессор CP 342-5 предназначен для подключения систем SIMATIC S7-300/ C7 к сети PROFIBUS DP. Он позволяет разгрузить центральный процессор контроллера от выполнения коммуникационных задач и способен поддерживать широкий спектр коммуникационных функций.

Коммуникационный процессор CP 342-5 FO позволяет производить непосредственное подключение систем автоматизации SIMATIC S7-300/ C7 к оптическим каналам связи сети PROFIBUS DP.

Коммуникационный процессор CP 343-5 используется для подключения систем автоматизации SIMATIC S7-300/ C7 к сети PROFIBUS. CP 343-5 может быть использован для организации связи между PROFIBUS-станциями по протоколу PROFIBUS FMS.

Коммуникационный процессор CP 343-1 предназначен для подключения программируемого контроллера SIMATIC S7-300 к сети Industrial Ethernet.



Рисунок 3.2.6.2.1 – Коммуникационный процессор CP 342-5



Рисунок 3.2.6.2.2 – Коммуникационный процессор CP 343-1

Из выше перечисленного нам подходит коммуникационный процессор CP 342-5 и CP 343-1.

CP 342-5 позволяет:

- Выполнять функции ведущего или ведомого устройства PROFIBUS DP в соответствии с IEC 61158/ EN 50170.
- Поддерживать связь с устройствами и системами человеко-машинного интерфейса.
- Поддерживать связь с другими программируемыми контроллерами SIMATIC S7/ C7/ WinAC.

Допустимое количество коммуникационных процессоров, устанавливаемых в один программируемый контроллер, определяется типом используемого центрального процессора, а также количеством и видом устанавливаемых коммуникационных соединений.

В сети PROFIBUS коммуникационный процессор CP 342-5 обеспечивает поддержку:

- Протокола PROFIBUS DP для ведущего или ведомого устройства в соответствии с требованиями IEC 61158/ EN 50170;
- PG/OP функций связи;
- S7 функций связи;
- Функций S5-совместимой связи (SEND/RECEIVE).

Работая в качестве ведомого DP-V0 устройства, CP 342-5 способен поддерживать связь с ведущими устройствами PROFIBUS DP. Это позволяет создавать смешанные конфигурации, обеспечивающие сетевой обмен данными между контроллерами SIMATIC S7, SIMATIC S5, компьютерами, станциями

распределенного ввода-вывода ET 200 и другими устройствами полевого уровня (IEC 61158/ EN 50170, часть 2).

CP 343-1 оснащен встроенным микропроцессором и обеспечивает независимый обмен данными через Industrial Ethernet с использованием стандартных транспортных уровней с 1 по 4. В комбинированном режиме коммуникационный процессор обеспечивает одновременную поддержку транспортных протоколов TCP/IP и UDP.

### **3.2.6.3 Выбор интерфейсных модулей ET станций**

Станция распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M может включать в свой состав:

- Интерфейсный модуль;
- Модули ввода-вывода.

Интерфейсные модули IM 153-1/ IM 153-2 HF позволяют использовать станции ET 200M в системах распределенного ввода-вывода систем автоматизации самого разнообразного назначения.

Интерфейсные модули IM 153-2 HF предназначены для многоканальных (резервированием каналов связи) конфигурациях системы распределенного ввода-вывода.

Интерфейсные модули IM 153-1 предназначены для работы в одноканальных (без резервирования каналов связи) конфигурациях системы распределенного ввода-вывода.

Выберем интерфейсный модуль IM 153-1 для станции ET200M.



Рисунок 3.2.6.3.1 – Интерфейсный модуль IM 153-1

Станция распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200S имеет степень защиты IP 20 и может включать в свой состав:

- Интерфейсный модуль (обычный или интеллектуальный).
- Модули ввода-вывода.
- Технологические модули.
- Силовые модули преобразователей частоты и фидеров нагрузки.

Интерфейсные модули IM 151 предназначены для подключения станций ET 200S к сети PROFIBUS DP и автономного управления обменом данными с ведущим DP устройством.

Варианты исполнений:

- IM 151 BASIC с интерфейсом RS 485: подключение к электрическим каналам связи PROFIBUS DP через 9-полюсный соединитель D типа.
- IM 151 HIGH FEATURE с интерфейсом RS 485: подключение к электрическим каналам связи PROFIBUS DP через 9-полюсный соединитель D типа, улучшенные характеристики, быстродействующий.
- IM 151 FO STANDARD с оптическим интерфейсом: подключение к оптическим каналам связи PROFIBUS-DP через 4 гнезда симплексных соединителей.
- IM 151-3 PN для подключения к сети PROFINET до 63 модулей ввода-вывода (исключая модули PROFI-safe). Подключение к сети Industrial Ethernet через гнездо RJ45.
- IM 151-7/CPU и IM 151-7/CPU FO для подключения к сети PROFIBUS DP до 63 модулей ввода-вывода. Оснащены встроенным центральным процессором с функциональными возможностями CPU 314.



Рисунок 3.2.6.3.2 – Интерфейсный модуль IM 151-1

Наиболее подходящий вариант интерфейсный модуль IM 151 BASIC с интерфейсом RS 485 подключение к электрическим каналам связи PROFIBUS DP через 9-полюсный соединитель D типа.

### **3.2.6.4 Выбор модулей ввода-вывода для ПЛК и электронных модулей ввода-вывода для ET станций**

Сигнальные модули, предназначенные для построения системы ввода-вывода дискретных сигналов программируемых контроллеров SIMATIC S7-300 и станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200.

Применение сигнальных модулей позволяет:

- Оптимально адаптировать контроллер к требованиям решаемой задачи. Требуемое количество и вид дискретных входов-выходов обеспечивается выбором соответствующего количества сигнальных модулей определенных типов.
- Обеспечить гибкое сопряжение с объектом управления. Сигнальные модули S7-300 позволяют подключать большинство существующих дискретных датчиков и приводов.

Модули SM 321 обеспечивают преобразование входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы.

Модули SM 322 выполняют преобразование внутренних логических сигналов контроллера в его выходные дискретные сигналы.

Модули SM 332 вывода аналоговых сигналов предназначены для цифро-аналогового преобразования внутренних цифровых величин контроллера S7-300 в его выходные аналоговые сигналы.





Рисунок 3.2.6.4.1 – Модули ввода-вывода ПЛК и ET200M



Рисунок 3.2.6.4.2 – Модули ввода-вывода ET200S

Подберем модули согласно нашим параметрам основываясь на минимальные технические параметры модулей в каталоге производителя:

**Цифровой модуль ввода SM 321; DI 32 x DC 24V.**

Свойства:

- 32 входов, потенциально развязанных группами по 32;
- Номинальное входное напряжение 24В пост. тока;
- Пригоден для переключателей и 2-, 3- и 4-проводных датчиков близости (BERO);

**Аналоговый модуль вывода SM 332; AO 4 x 12 Bit.**

Свойства:

- 4 выхода в одной группе;
- отдельные выходные каналы могут быть параметризованы как потенциальные выходы, токовые выходы;
- Разрешающая способность 12 бит;
- Параметризуемые диагностика и диагностическое прерывание;
- Гальваническая развязка относительно интерфейса с задней шиной и напряжения на нагрузке;

- Подключение: 2- и 4-проводное подключение для потенциального выхода.

### **Цифровой модуль вывода SM 322; DO 16 x 24 V/ 0,5A.**

Свойства:

- 16 выходов, потенциально развязанных группами по 8;
- Выходной ток 0,5А;
- Номинальное напряжение на нагрузке 24В пост. тока;
- Пригоден для электромагнитных клапанов, контакторов постоянного тока и сигнальных ламп.

### **3.2.6.5 Выбор источника бесперебойного питания**

Блоки питания SITOP Power являются важными компонентами для обеспечения безопасности, увеличения срока службы и экономичности работы электронных компонентов систем автоматизации. Блоки питания SITOP Power обеспечивают качественную стабилизацию и фильтрацию выходного напряжения, защищают нагрузку от перенапряжений, перегрузок и коротких замыканий. Даже при сильных колебаниях входного напряжения, блоки питания SITOP Power гарантируют формирование непрерывного и устойчивого выходного напряжения, компенсируя возмущения питающей сети, перенапряжения и помехи.

Источники питания SITOP Power имеют следующие модификаций:

- 1-фазные блоки питания с фазным и линейным входным напряжением, выходным напряжением =24 В и токами нагрузки 0.375 ... 20 А;
- 3-фазные блоки питания с выходным напряжением =24 В и токами нагрузки 10 ... 40 А;
- Блоки бесперебойного питания DC UPS с выходным напряжением =24 В и токами нагрузки 6, 15 и 40 А.

Наибольший практический интерес вызывают блоки питания SITOP smart и SITOP modular, с помощью которых можно создавать современные

системы питания электронной аппаратуры, поддерживающие множество стандартных и дополнительных функций.

### Произведем расчет нагрузки на источник питания

*Посчитаем токовую нагрузку для станции ET200S:*

Станция питает 22 датчика с номинальным током потребления 200 мА, 2 энкодера с номинальным током потребления 290 мА, а также учтем потребление самой станции 700 мА.

$$I = 22 * 0,2 + 2 * 0,29 + 0,7 = 4,4 + 0,58 + 0,7 = 5.68 \text{ A} = \mathbf{6 \text{ A}}$$

*Посчитаем токовую нагрузку для станции ET200M:*

Станция потребляет 650 мА, модули ввода дискретного сигнала SM321 25 мА, модули вывода дискретного сигнала SM322 160 мА.

$$I = 0,65 + 2 * 0,25 + 1 * 0,16 = 1.31 \text{ A} = \mathbf{2 \text{ A}}$$

*Посчитаем токовую нагрузку для ПЛК:*

ЦПУ 160 мА, CP 250 мА, CP 200 мА, модули ввода дискретного сигнала SM321 25 мА, модули вывода аналогового сигнала 290 мА.

$$I = 0,16 + 2 * 0,25 + 0,2 + 1 * 0,25 + 2 * 0,29 = 1.69 \text{ A} = \mathbf{2 \text{ A}}$$



Рисунок 3.2.6.5.1 – Модульный блок питания SITOP modular



Рисунок 3.2.6.5.2 –Блок питания PS 307

Блоки питания в формате модулей SIMATIC S7-300 с входным напряжением ~120/ 230 В, выходным напряжением =24 В и номинальным током нагрузки 2 А:

- блок питания PS 307 (6ES7 307-1EA00-0AA0) в комплекте с силовой перемычкой для подключения к центральному процессору/интерфейсному модулю, предназначенный для установки на стандартную профильную шину S7-300/ ET 200M.



Рисунок 3.2.6.5.3 – Блок бесперебойного питания DC-UPS

Блоки DC UPS позволяют обеспечивать бесперебойное питание нагрузки как от сети постоянного, переменного тока, так и от буферной батареи, обеспечивают питание промышленных компьютеров с напряжением питания  $\approx 24$  В. Позволяют избежать появления негативных эффектов, связанных с исчезновением напряжения в питающей сети. Как правило, входное напряжение  $\approx 24$ В для блоков DC UPS формируется стандартными блоками питания SITOP Power.

Для построения систем бесперебойного питания SIEMENS предлагает использовать блоки бесперебойного питания:

- DC-UPS 6 А,
- DC-UPS 15 А
- DC-UPS 40 А,

а также модули буферных батарей на:

- 2,5 ампер-часа
- 3,2 ампер-часа
- 7 ампер-часов
- 12 ампер-часов.



Рисунок 3.2.6.5.4 – Буферная батарея

Схема подключения батареи представлена на рисунке 3.2.6.5.5, а также в таблице 3.2.6.5 приведен обзор модулей батарейных батарей.

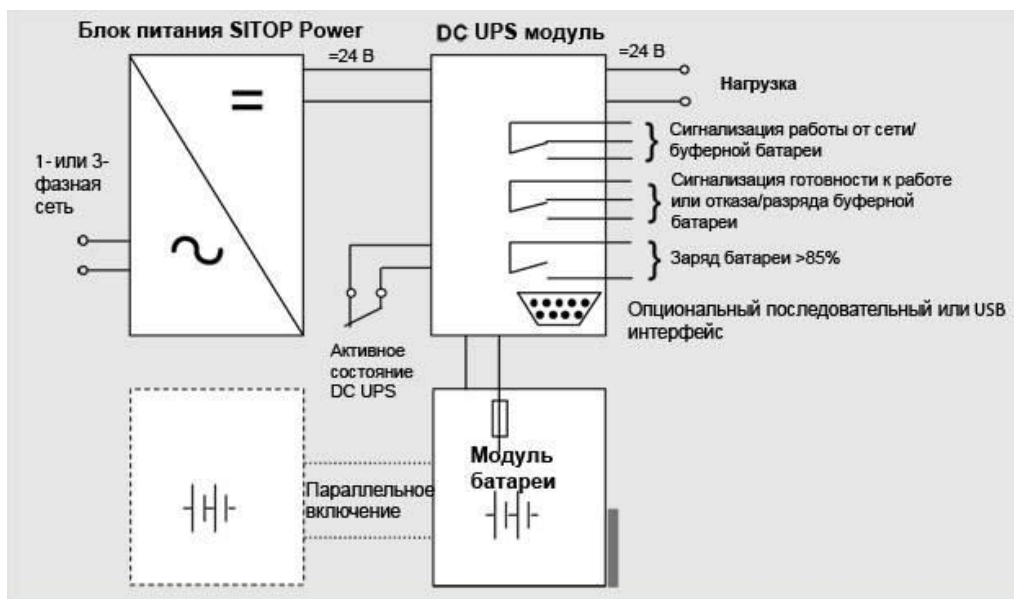


Рисунок 3.2.6.5.5 – Схема подключения батареи

Таблица 3.2.6.5

### Выбор модулей батарейных батарей

Ток нагрузки	Батарейный модуль на 2,5 ампер-часа (6EP1935-6MD31)	Батарейный модуль на 3,2 ампер-часа (6EP1935-6MD31)	Батарейный модуль на 7 ампер-часов (6EP1935-6MD31)	Батарейный модуль на 12 ампер-часов (6EP1935-6MD31)
1 А	2 ч	2,5 ч	6 ч	10 ч
2 А	45 мин	45 мин	2,5 ч	4 ч
4 А	20 мин	20 мин	45 мин	2,5 ч
6 А	13 мин	10 мин	30 мин	1 ч
8 А	9 мин	4 мин	20 мин	40 мин
10 А	7 мин	1,5 мин	15 мин	30 мин
12 А	5,5 мин	1 мин	10 мин	25 мин
14 А	4,5 мин	50 с	8 мин	20 мин
16 А	4 мин	40 с	6 мин	15 мин
20 А	-	-	2 мин	11 мин

Выберем блоки питания PS 307 на 2А и 10А согласно рассчитанной нагрузки, DC-UPS 6 А и модуль буферной батареи на 7 ампер-часов для продолжительного времени работы при отсутствии напряжения сети более 2 часов.

### **3.2.7 Обоснование выбора рабочей станции**

На основании требований по установке программного обеспечения и требований ТЗ подберем ПЭВМ оператора. На рабочую станцию оператора для управления технологическим процессом и обслуживания ПЛК будет установлено следующее ПО:

- WinCC v 7.3
- Step 7 v 5.5
- Starter v 4.3
- Iba Analyzer v 1.01
- S7 technology v 4.4
- Drive Monitor v 13.6

Минимальные требования к аппаратному обеспечению для установки ПО:

- Pentium dual core 1.7 ГГц;
- Не менее 2 Гб ОЗУ;
- Рабочее место минимум 2 Гб;
- Минимум 1024 x 768 пикселей;
- ПК с Windows 7 Professional, Enterprise, Ultimate и выше.

В связи с ненадёжностью электросетей и постоянно присутствующими скачками напряжения для защиты компьютерной техники следует использовать сетевой фильтр, основной функцией которого является сглаживание помех в электросети. Следует отдавать предпочтение выбору фильтра с большим значением параметра «максимальный поглощаемый импульсный выброс», так как чем он больше, тем более серьезные краткосрочные отклонения в параметрах электропитания может компенсировать фильтр.

При выборе ИБП следует рассчитать общую нагрузку. Время работы ИБП от аккумулятора вполне хватит 5 мин. Суммарная мощность потребления рабочей станции и монитора составляет 150 Вт.

Выбирая монитор, необходимо учесть следующие характеристики и особенности:

- Диагональ и разрешение матрицы;
- Частота обновления;
- Внешние интерфейсы;
- Потребляемая мощность.

Для наших целей подойдет компактный ПК DEXP Mercury P101, монитор ASUS VC239H 23”, сетевая карта 5BITES UA2-45-02BK USB, источник бесперебойного питания DEXP OFFICE 500VA, сетевой фильтр InterStep IS-SP-406.



Рисунок 3.2.7 - Компактный ПК DEXP Mercury P101

Таблица 3.2.7

#### Комплектующие рабочей станции

Наименование	Цена за ед. руб.	Кол-во
КПК DEXP Mercury P101/Intel Core i3/4 Гб/500 Гб/Ethernet 1000 Мбит/с	25999	1
Лицензия Windows 10 Pro	13490	1
23" Монитор ASUS VC239H/1920x1080/ IPS/DVI, HDMI,VGA	13599	1
Сетевая карта 5bites UA2-45-02BK /10/100 Мбит/сек/USB	750	1
Клавиатура Microsoft Wired Keyboard 200/usb/104 клав.	990	1
Мышь проводная Logitech M90 /светодиодная/1000 dpi	490	1
ИБП DEXP OFFICE 500VA/300Вт/5мин	4999	1
Сетевой фильтр InterStep IS-SP-406	750	1

### 3.2.8 Шкафное оборудование

На рынке предложений шкафного оборудования высокую конкурентоспособность имеет оборудование фирмы RITTAL. Шкафы по пылевлагозащищенности соответствуют международным стандартам, степень защиты IP54, высокая технологичность при сборке, широкая номенклатура составных частей и принадлежностей.



Рисунок 3.2.8.1 – Шкаф настенный AE1077 RITTAL

Для размещения ЕТ-станции в рабочей зоне будем использовать шкаф настенный AE1077 CABINET 760x760x210 с климат-контролем.



Рисунок 3.2.8.2 – Шкаф напольный TS 8438.510 RITTAL

Для размещения ПЛК в ПСУ-84 будем использовать шкаф напольный TS 8438.510 CABINET 600x2000x800.

### 3.2.9 Список выбранных комплектующих входящий в программируемый логический контроллер Simatic S7-300



## Стоимость программируемого логического контроллера

Наименование	Краткое название	Кол-во	Цена за шт.	Цена
SIMATIC S7-300, ЦПУ CPU 314 С ИНТЕРФЕЙСОМ MPI, 128 КБАЙТА РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ	CPU 314	1	602,08	602,08
КОММУНИКАЦИОННЫЙ ПРОЦЕССОР CP342-5 ; для SIMATIC S7-300 ( PROFIBUS DP, S5,S7, PG/OP)	CP342-5	2	805,6	1611,2
SIMATIC NET, CP 343-1 КОММУНИКАЦИОННЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ SIMATIC S7-300 К IND. ETHERNET ЧЕРЕЗ ISO И TCP/IP	CP 343-1	1	1272	1272
ИНТЕРФЕЙСНЫЙ МОДУЛЬ ВЕДУЩЕГО УСТРОЙСТВА PROFIBUS-DP ДЛЯ ET 200S: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ET 200S С IM 151-7 CPU (6ES7151-7AA10-0AA0) В КАЧЕСТВЕ ВЕДУЩЕГО УСТРОЙСТВА PROFIBUS-DP; RS 485, ДО 12 МБИТ/С	IM 151-7	1	444,14	444,14
СИЛОВОЙ МОДУЛЬ PM-E ДЛЯ ET 200S; =24 DC С ДИАГНОСТИКОЙ	PM-E	2	12,79	25,58
ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ET 200S, 4 DI STANDARD, 4 ДИСКРЕТНЫХ ВХОДА, СТАНДАРТНЫЙ =24В	4 DI	6	24,16	144,96
IM153-1, ИНТЕРФЕЙСНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ET 200M: ВСТРОЕННЫЙ ИНТЕРФЕЙС PROFIBUS-DP/ 9-ПОЛЮСНОЕ ГНЕЗДО СОЕДИНИТЕЛЯ D-ТИПА, DP V1, ДО 12 МБИТ/С; ДО 8 СИГНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ S7-300 НА СТАНЦИЮ	IM153-1	1	266,06	266,06
SM 321, МОДУЛЬ ВВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ: ОПТОЭЛЕКТРОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЦЕПЕЙ, 32 ВХОДА =24В (1 X 32 ВХОДА)	SM 321	3	324,36	973,08
SM 322, МОДУЛЬ ВЫВОДА ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ: ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЦЕПЕЙ, 16 ВЫХОДОВ =24В/0.5А,	SM 322	1	270,3	270,3
SM 332, МОДУЛЬ ВЫВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ: ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ЦЕПЕЙ, 4 ВХОДА U/ I; 11/12 БИТ, ДИАГНОСТИКА	SM 332	2	516,22	1032,44

### Продолжение таблицы 3.2.9

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ PS307 10А	PS307	1	184,44	184,44
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ PS307 2А	PS307	2	144,16	144,16
SITOR POWER DC-UPS-МОДУЛЬ 24В/6А; ВХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ =24В/6,85А; ВЫХОД =24В/6А	DC UPS	1	143,1	143,1
SITOR POWER, СВИНЦОВЫЙ ГЕРМЕТИЧНЫЙ АККУМУЛЯТОР ДЛЯ SITOR POWER DC-USV-МОДУЛЯ 15/ 40: =24 В/ 7 АЧАС	Battery	1	109,18	109,18
<b>ИТОГО В ЕВРО</b>				7 366,88
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ 15%				1 105,03
<b>ИТОГО В РУБ. (89 руб. евро)</b>				<b>754 000,17</b>

### 3.2.10 Функциональная схема и взаимодействия участников АСУ

Функциональная схема автоматизированной системы управления представлена в приложении В.

#### 3.2.10.1 Обмен сигналами ввода-вывода

Контроллер Siemens S7-300 размещен в ПСУ-84 в шкафу PLC.

Управление приводами АBB ACS800 отдающего рольганга и управление приводами Sinamics S120 приемного рольганга осуществляются через сеть Profibus.

Управление КТЭ приводами шлепперов осуществляются через аналоговые и дискретные выходы контроллера. Концевые выключатели механизмов шлеппера подключены через вводные дискретные сигналы ПЛК.

На ПУ№8 установлена удаленная станция ввода-вывода ET200М для сбора сигналов с органов управления механизмами, которая соединена через сеть Profibus с ПЛК.

В рабочей зоне установлен шкаф RITTAL с климат-контролем, в котором размещена удаленная станция ввода-вывода ET200S для сбора сигналов с дискретных датчиков. Станция также связана с ПЛК через сеть Profibus.

Датчики измерения угла поворота (энкодеры) подключены по Profibus.

АРМ Оператора ПУ №8 имеет два независимых порта Ethernet. Один для связи с ПЛК, второй для подключения к информационной технологической сети (ИТС) рельсобалочного цеха.

Объем обрабатываемых сигналов указан в приложении Е.

### **3.2.10.2 Электроснабжение и защитное заземление**

Основное электропитание шкафов периферии и контроллера, распределенной АСУ осуществляется от сети переменного тока 2 категории электроснабжения, напряжением ~220В, частотой 50 Гц. Для питания контроллера и ЕТ-станций используются отдельные источники питания с выходным напряжением =24В постоянного тока.

Питание энкодеров осуществляется от источника питания постоянного тока напряжением =24В шкафа 1ЕТ01 через автоматические выключатели с защитой по току.

Питание датчиков осуществляется через РМ-Е модули ЕТ-станции.

Для бесперебойного питания автоматизированного рабочего места оператора и контроллера применяются источники бесперебойного питания (ИБП).

Контур защитного заземления соединяется по типу TN-S с глухозаземленной нейтралью для периферийных шкафов в силу необходимости разделения нулевого и защитного проводника согласно правил устройств электроустановок (ПУЭ) глава 1.7 пункт 132.

### **3.2.10.3 Протокол Profibus-DP**

PROFIBUS (Process Field Bus) представляет собой международный, открытый стандарт полевых шин с широким диапазоном применения в автоматизации технологических и производственных процессов.

Протокол PROFIBUS-DP ориентирован на уже установленные национальные и международные нормы. Архитектура протокола базируется на

модели OSI (Open System Interconnection), в ней реализованы 1 и 2 уровень модели. При использовании метода передачи RS-485 в сети PROFIBUS используется активная шинная физическая топология. Сеть делится на несколько сегментов с количеством участников не более 32 [4].

Для надежной коммуникации в сети необходимо, чтобы каждый участник сети получал доступ к шине в определенное время, не конфликтуя с другими участниками сети. Логическая шинная топология в сетях PROFIBUS в нашей системе строиться по принципу ведущий – ведомый (master – slave).

При этом коммуникация «ведущий – ведомый» является централизованной, то есть только один мастер управляет доступом к шине и опрашивает ведомые устройства. Ведомые устройства в этом варианте не могут передавать данные без запроса мастера и не могут самостоятельно получить доступ к шине.

Управление периферией осуществляется по циклическому каналу согласно профилю, PROFIDrive v 2.0.

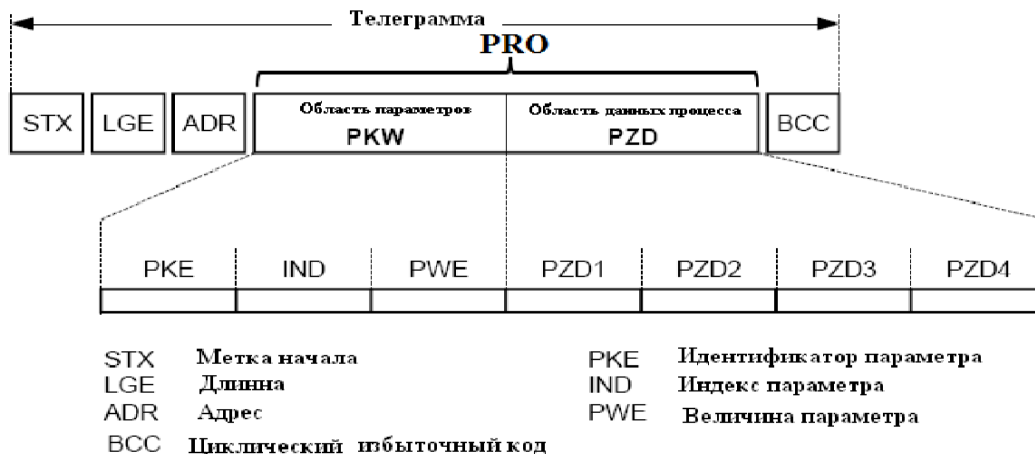


Рисунок 3.2.3.2.1 – Структура телеграммы по профилю PROFIDrive

Структура рабочих данных при циклическом обмене подразделяется на две области, которые могут передаваться в любой телеграмме:

- Область параметров (PKW) для считывания/записи значений параметров;

- Область данных процесса (PZD), т.е. управляющие слова и уставки, или же информация о состояниях и фактические значения [4].

### 3.3 Разработка алгоритма управления и человеко-машинного интерфейса

#### 3.3.1 Разработка алгоритма управления автоматизации технологического процесса

Для разработки алгоритма программы управления системы запустим Simatic Manager Step 7.

Вначале создадим новый проект и сконфигурируем «Hardware» основываясь на выборе физически существующих аппаратных средств. В случае отсутствия необходимого оборудования в Simatic Manager, установим необходимые драйвера (GSD файл) поставляемые с аппаратными средствами фирм - производителей.

Каждому устройству определим адрес сети Profibus и распределим диапазон адресов входов - выходов.

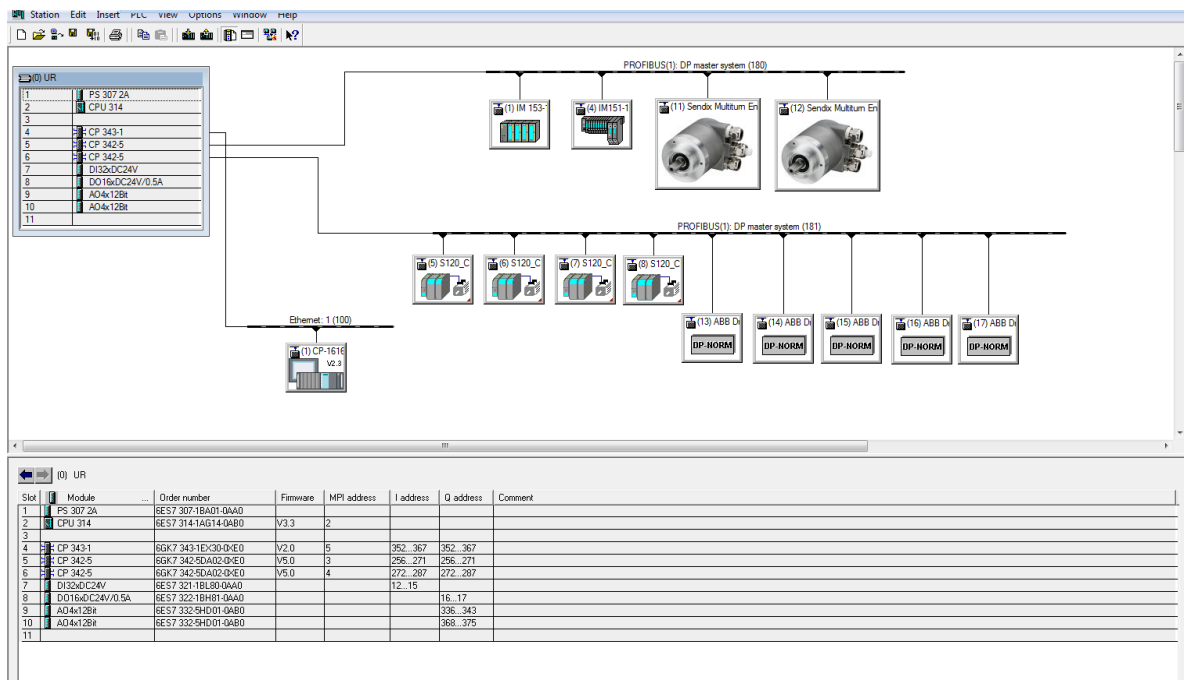


Рисунок 3.3.1.1 - Конфигурирование «Hardware» в Simatic Manager

При составлении слова управления по сети Profibus будем руководствоваться документацией «Руководство по вводу в эксплуатацию» фирм-изготовителей аппаратных средств и профилем PROFDrive v2.0.

Бит	Бит = 0	Бит = 1
00	OFF 1	ON 1
01	Выкл 2	ON 2
02	Выкл 3	ON 3
03	Выбег	Нет выбега
04	Быстрый останов	Замедление
05	Фиксировать выходную частоту.	Использовать изменение скорости
06	Останов с замедлением	Пуск
07	Нет функции	Сброс
08	Фикс. частота 1 ВЫКЛ	Фикс. частота 1 ВКЛ
09	Фикс. частота 2 ВЫКЛ	Фикс. частота 2 ВКЛ
10	Данные не действительны	Данные действительны
11	Нет функции	Уменьшение
12	Нет функции	Разгон
13	Набор параметров	Младший разряд выбора
14	Набор параметров	Старший разряд выбора
15	Нет функции	Реверс

Рисунок 3.3.1.2 – Параметры составления слова управления

Реализуем логику включения автоматического режима рольганга и шлеппера.

### Логика автоматического режима рольганга

Определим исходные данные:

- ✓ X – Датчик старта автоматике;
- ✓ Y – Датчик торможения;
- ✓ W – Датчик останова;
- ✓ Z – Датчик слежения;
- ✓ S – Включить автоматический режим;
- ✓ F – функция работы автоматике.

Составим функцию разрешения работы автоматического режима рольгангов.

Таблица 3.3.1.1

Таблица истинности разрешения автоматического режима рольгангов

X	Y	W	Z	F
0	0	0	0	0

0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

В итоге получим СДНФ:

$$f = \bar{x}y\bar{w}z \vee x\bar{y}\bar{w}\bar{z} \vee x\bar{y}\bar{w}z \vee xy\bar{w}\bar{z} \vee xy\bar{w}z$$

Минимизируем функцию с помощью карт Карно.

Таблица 3.3.1.2

Минимизация функции карты Карно

WX\YZ	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Минимизированная функция примет вид:

$$f = x\bar{w} \vee y\bar{w}z$$

В конечном виде функция примет вид:

$$f = (x\bar{w} \vee y\bar{w}z) \wedge s$$

Составим блок-схему алгоритма включения автоматического режима рольгангов.

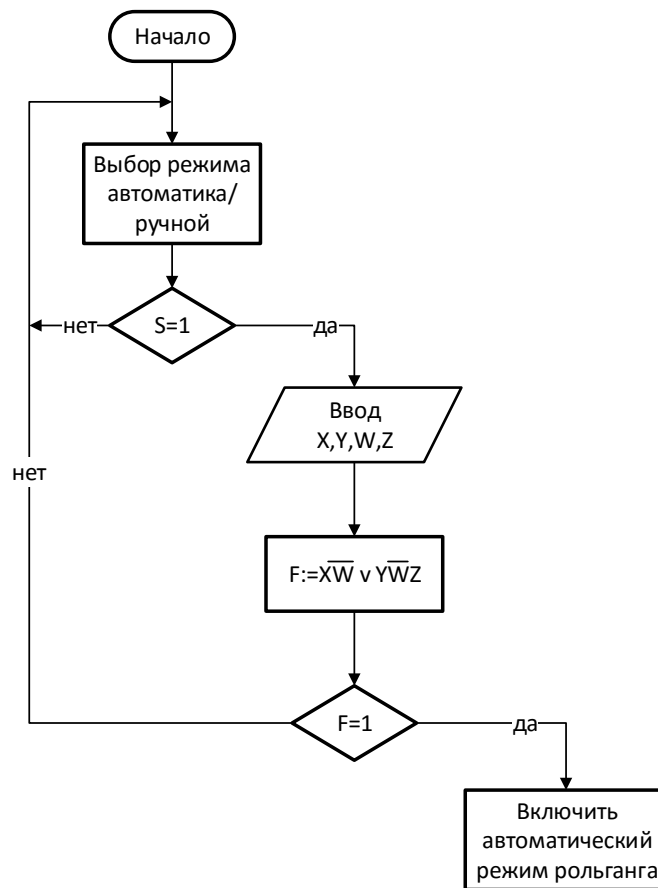


Рисунок 3.3.1.3 – Блок-схема алгоритма включения автоматического режима рольгангов

### Логика автоматического режима шлепера

Определим исходные данные:

- ✓ X – Датчик останова;
- ✓ Y – Датчик торможения;
- ✓ Z – Рольганг выключен;
- ✓ S – Включить автоматический режим;
- ✓ F – функция работы автоматики.

Составим функцию разрешения работы автоматического режима шлепперов.

Таблица 3.3.1.3

Таблица истинности разрешения автоматического режима шлепперов

X	Y	Z	F
---	---	---	---



0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

В итоге получили функцию:

$$f = (xyz) \wedge s$$

Составим блок-схему алгоритма включения автоматического режима шлепперов.

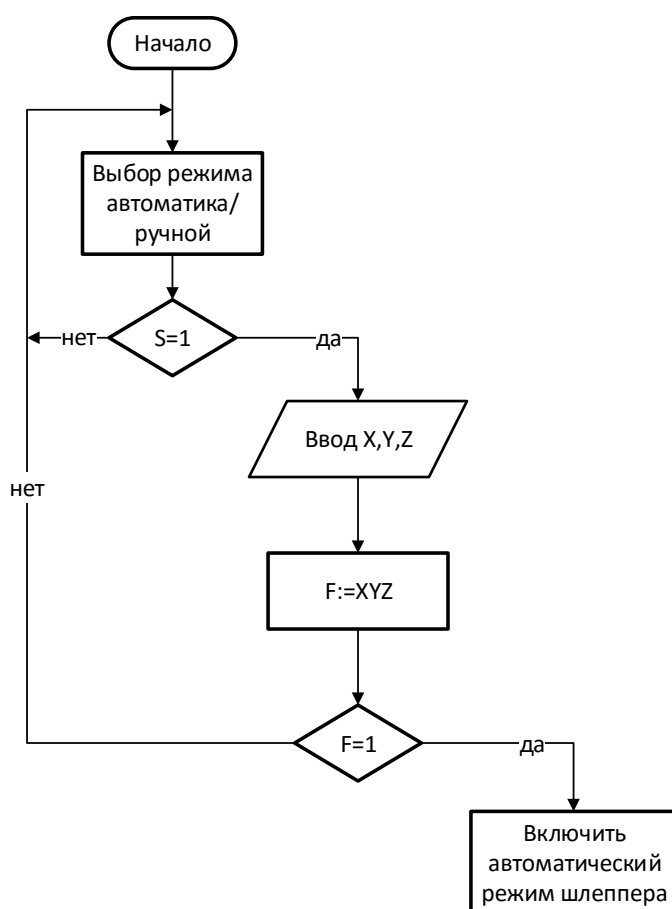


Рисунок 3.3.1.4 – Блок-схема алгоритма включения автоматического режима шлепперов

Алгоритм программы напишем на STL (Statement List) - язык инструкций.

Разработан ряд программных блоков, реализующих управление и автоматизацию технологического процесса.

## Программные блоки системы управления

Блок	Пояснение
<b>Блоки данных</b>	
DB 1	Блок Данных Шлеппер 1
DB 2	Блок Данных Шлеппер 2
DB 3	Блок Данных Шлеппер 3
DB 4	Блок Данных Шлеппер 4
DB 5	Звуковые сигналы
DB 6	Блок Данных Энкодер
DB 8	Блок Данных Шаги
DB 9	Блок Данных НМІ
DB 10	Блок Данных Обработка входных сигналов
DB 11	Рампа Шлеппер 1
DB 12	Рампа Шлеппер 2
DB 13	Рампа Шлеппер 3
DB 14	Рампа Шлеппер 4
DB 15	Блок Данных Позиции стеллажа 1
DB 16	Блок Данных Позиции стеллажа 2
DB 20	Блок Данных Параметры
DB 21	Блок Обмен данными
<b>Функциональные блоки</b>	
FB 1	Блок управления Шлеппером №1
FB 2	Блок управления Шлеппером №2
FB 3	Блок управления Шлеппером №3
FB 4	Блок управления Шлеппером №4
FB 5	Подача звуковых сигналов
FB 8	Шаги автоматизации
FB 10	Обработка входных сигналов
FB 15	Блок управления Стеллаж 1
FB 16	Блок управления Стеллаж 2
FB 52	Задатчик интенсивности для аналогового сигнала
<b>Функции</b>	
FC 1	Контроль аварий
FC 2	Привязка физических входных сигналов
FC 3	Привязка физических выходных сигналов
FC 4	Обработка сигналов энкодеров
FC 5	Функция проверки дребезга контактов кнопок и ключей
FC 6	Управление Входным Рольгангом 1
FC 7	Управление Входным Рольгангом 2
FC 8	Управление Входным Рольгангом 3
FC 9	Управление Входным Рольгангом 4
FC 10	Управление Выходным Рольгангом 1
FC 11	Управление Выходным Рольгангом 2
FC 12	Управление Выходным Рольгангом 3
FC 13	Управление Выходным Рольгангом 4

### Продолжение таблицы 3.3.1.4

FC 14	Управление Выходным Рольгангом 5
FC 19	Автоматический режим рольгангов
FC 20	Рольганги Sinamics Управляющее слово
FC 21	Рольганги ABB Статус слово
FC 22	Рольганги ABB Управляющее слово
FC 23	Пересчет параметров
FC 24	Регистрация События
FC 25	Рольганги Sinamics Статус слово
FC 105	Масштабирование энкодеров
FC 106	Масштабирование аналогового задания
<b>Организационные блоки</b>	
OB 1	Главная управляющая программа
OB 35	Цикл прерываний

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type	Version (Header)	Name (Header)	Unlinked	Author	Non Retain	Standard block	DB write-protected in	Monitoring	Last modified
OB1	Главная упр. программа	STL	448	Organization Block	0.1			Sev					04/14/2016 09:00:25 AM
OB35	Цикл прерываний	LAD	334	Organization Block	0.1			Sev					04/02/2016 04:53:09 PM
FC1	Шлиппер 1	STL	544	Function Block	0.1			Sev					04/06/2016 12:05:45 AM
FC2	Шлиппер 2	STL	592	Function Block	0.1			Sev					04/06/2016 12:07:07 AM
FC3	Шлиппер 3	LAD	534	Function Block	0.1			Sev					04/02/2016 12:32:51 PM
FC4	Шлиппер 4	LAD	552	Function Block	0.1			Sev					04/02/2016 12:32:56 PM
FC5	Зеркальные сигналы	LAD	254	Function Block	0.1			Sev					04/02/2016 12:33:05 PM
FC6	Авток. рек. шипт.	STL	892	Function Block	0.1			Sev					04/06/2016 12:00:41 AM
FC7	Фильтрация дребезга	LAD	328	Function Block	0.1			Sev					04/02/2016 12:33:24 PM
FC8	Степанк 1	STL	176	Function Block	0.1			Sev				Yes	04/05/2016 11:50:45 PM
FC9	Степанк 2	STL	176	Function Block	0.1			Sev				Yes	04/05/2016 11:57:07 PM
FC10	Задатки	STL	526	Function Block	3.0	RAMP_P		Sev					04/02/2016 12:33:31 PM
FC11	Контроль шарки	STL	294	Function	0.1			Sev					04/02/2016 05:06:01 PM
FC12	Правка макс. вл. сист.	STL	372	Function	0.1			Sev					04/02/2016 03:38:40 PM
FC13	Правка макс. сист.	STL	134	Function	0.1			Sev					04/02/2016 03:33:40 PM
FC14	Обработ. сист. энкодеров	STL	186	Function	0.1			Sev					04/05/2016 10:51:53 PM
FC15	Фронт. прог. на дребезг	LAD	182	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:33:55 PM
FC16	Выходной рольганг 1	STL	268	Function	0.1			Sev					04/04/2016 03:23:11 PM
FC17	Выходной рольганг 2	STL	308	Function	0.1			Sev					04/04/2016 03:24:38 PM
FC18	Выходной рольганг 3	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:50 PM
FC19	Выходной рольганг 4	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:57 PM
FC20	Выходной рольганг 5	STL	300	Function	0.1			Sev					04/04/2016 04:11:37 PM
FC21	Выходной рольганг 1	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:34 PM
FC22	Выходной рольганг 2	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:28 PM
FC23	Выходной рольганг 3	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:23 PM
FC24	Выходной рольганг 4	STL	38	Function	0.1			Sev					04/02/2016 12:36:18 PM
FC25	Выходной рольганг 5	STL	38	Function	0.1			Sev					04/04/2016 04:26:30 PM
FC26	Автокат. рек. рольгангов	STL	280	Function	0.1			Sev					04/04/2016 03:15:10 PM
FC27	Мир. рольг. Sinamics	STL	286	Function	0.1			Sev					04/04/2016 02:40:28 PM
FC28	Состояние Рольгангов ABB	STL	112	Function	0.1			Sev					04/04/2016 02:40:38 PM
FC29	Мирозв. Рольгангов ABB	STL	222	Function	0.1			Sev					04/04/2016 02:11:35 PM
FC30	Пересчет	STL	140	Function	0.1			Sev					04/02/2016 01:03:58 PM
FC31	События	STL	426	Function	0.1			Sev					04/02/2016 04:57:25 PM
FC32	Сост. рольг. Sinamics	STL	112	Function	0.1			Sev					04/04/2016 02:40:38 PM
FC105	SCALE	STL	244	Function	2.1	SCALE		SEA					04/11/2000 10:16:18 AM
FC106	Масштабирование	STL	324	Function	2.0	UNSCALE		Sev					04/02/2016 12:35:32 PM
DB1	Б.Д.Шлиппер 1	DB	70	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:15 PM
DB2	Б.Д.Шлиппер 2	DB	70	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:20 PM
DB3	Б.Д.Шлиппер 3	DB	70	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:25 PM
DB4	Б.Д.Шлиппер 4	DB	70	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:31 PM
DB5	Б.Д. Зеркальные сигналы	DB	38	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:37 PM
DB6	Знакатор	DB	68	Data Block	0.1			Sev					04/05/2016 11:22:37 PM
DB7	Б.Д.Шаги	DB	46	Instance data block ...	0.1			Sev					04/14/2016 08:59:20 AM
DB8	Б.Д.ИМТ	DB	38	Data Block	0.1			Sev					04/04/2016 11:12:22 AM
DB9	Б.Д.Обработка вл. сист.	DB	46	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:43 PM
DB10	Б.Д.Задатки Ш1	DB	64	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:46:16 PM
DB11	Б.Д.Задатки Ш2	DB	64	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:34:57 PM
DB12	Б.Д.Задатки Ш3	DB	64	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:35:02 PM
DB13	Б.Д.Задатки Ш4	DB	64	Instance data block ...	0.0			Sev					04/02/2016 12:35:08 PM
DB14	Позиция стоплоска 1	DB	526	Instance data block ...	0.1			Sev					04/06/2016 12:00:25 AM
DB15	Позиция стоплоска 2	DB	526	Instance data block ...	0.0			Sev					04/05/2016 11:57:29 PM
DB16	Параметры	DB	44	Data Block	0.1			Sev				Yes	04/04/2016 02:49:43 PM
DB17	Обмен данными	DB	44	Data Block	0.1			Sev					04/02/2016 05:08:03 PM

Рисунок 3.3.1.4 - Структура проекта в Simatic Manager

Разработанный алгоритм программы управления для автоматизации технологического процесса представлен в приложении Ж.

В приложении Ж представлены только значимые программные блоки алгоритма управления и автоматизации.

### 3.3.2 Разработка человеко-машинного интерфейса

Для разработки человеко-машинного интерфейса запустим WinCC 7.3. Создадим новый проект и настроим интерфейс подключения через Ethernet. Откроем графический дизайнер проекта и разработаем графический интерфейс рабочей станции.

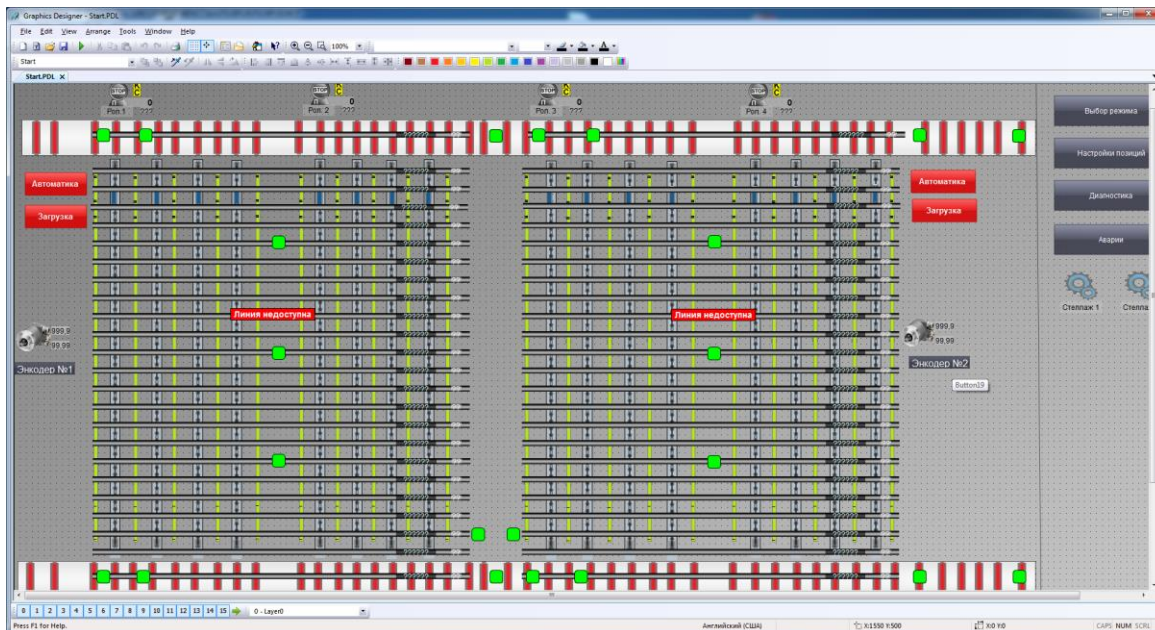


Рисунок 3.3.2.1 - Разработка графического интерфейса в WinCC

На рисунке 3.3.2.2 представляю вашему вниманию разработанный человеко-машинный интерфейс управления технологическим процессом.

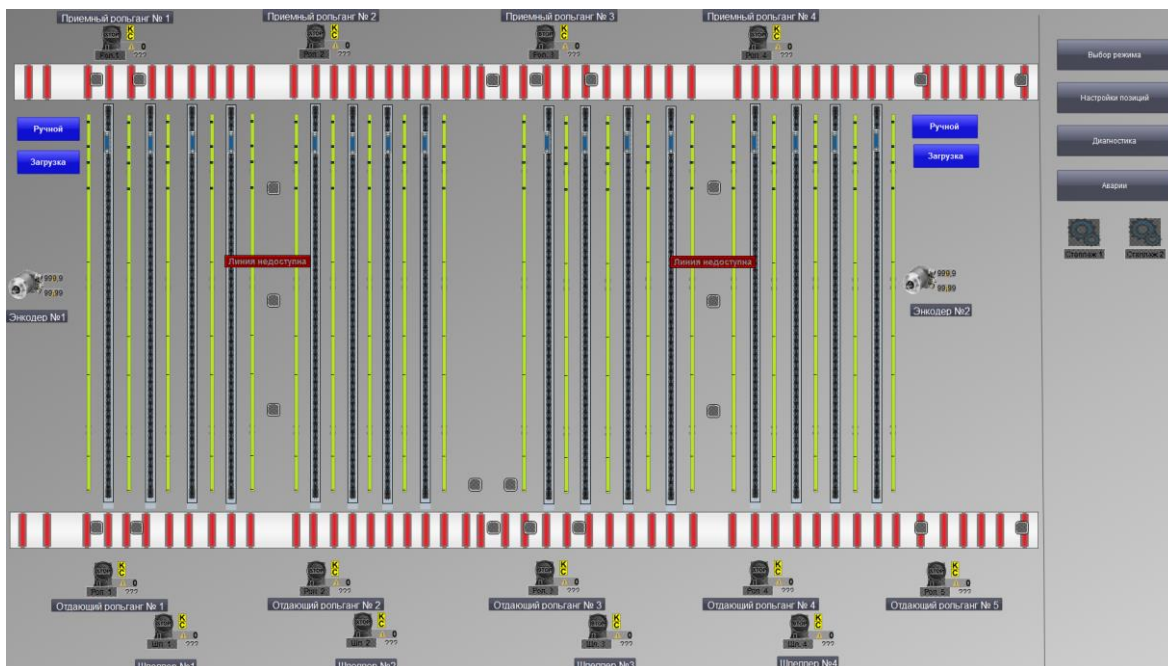


Рисунок 3.3.2.2 - Графический интерфейс НМИ

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения ВКР были выполнены следующие задачи: исследована предметная область применения АСУ, разработано техническое задание, сделан выбор ПЛК и периферии, разработана схема расположения датчиков, а также структурная и функциональная схема автоматизированной системы управления, разработан программный алгоритм автоматизации управления технологическим процессом для ПЛК, создан человеко-машинный интерфейс управления, рассчитана ресурсоэффективность проекта и выполнены требования на соответствие норм безопасности жизнедеятельности. Разработка соответствует требованиям технического задания.

В дальнейшем, в процессе эксплуатации в условиях предприятия допускается возможность расширения функциональности системы управления новыми режимами работы технологического оборудования или технологического процесса.